

**ХАРЬКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАДМІНІСТРАЦІЯ  
УПРАВЛІННЯ ОСВІТИ І НАУКИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

# **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**Тези доповідей**

**XI регіональної наукової студентської конференції**

**(20-21 квітня 2011 року)**

**ХАРКІВ НТУ «ХПІ» 2011**

ББК 22.3  
А 43  
УДК 53.02

Організаційний комітет:

**Л.Л. Товажнянський** Л.Л., д-р техн. наук, проф., ректор НТУ «ХПІ» (голова);  
**Є.І. Сокол**, д-р техн. наук, проф., перший проректор НТУ «ХПІ» (заступник голови);  
**А.О. Мамалуй**, д-р фіз.-мат. наук, зав. кафедри загальної та експериментальної фізики НТУ «ХПІ» (заступник голови).

Програмний комітет:

**А.О. Мамалуй**, проф. (голова);  
**В.К. Якуша**, доц. (заст. голови);  
**І.В. Синельник**, доц. (заст. голови);  
**В.І. Федорченко**, доц. (заст. голови);  
**А.Я. Дульфан**, доц. (заст. голови);  
**О.М. Под'яча**, доц. (вч. секретар).

Друкується за рішенням вченої ради НТУ «ХПІ», протокол №12 від 6.04.2011р.

**А43**

**Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення**  
[Текст]: тези доповідей XI регіон. студ. наук. конф. (20-21 квітня 2011 року) / оргкомітет: Л.Л. Товажнянський (голова) [та ін.]. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011-172с.

У збірнику розглядаються питання, пов'язані з актуальними проблемами фізики у минулому, сучасному та майбутньому.

## РЕГЛАМЕНТ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

20 апреля 2011 г., среда

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12<sup>15</sup> ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, БОЛЬШАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ  
АУДИТОРИЯ

**Открытие XI региональной студенческой научной конференции**  
**«Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение»**

Ректор Национального технического университета  
«Харьковский политехнический институт», доктор техн.  
наук,  
**проф. Товажнянский Л.Л.**

Первый проректор Национального технического универси-  
тета «Харьковский политехнический институт», доктор  
техн. наук,  
**проф. Сокол Е.И.**

Зав. кафедрой общей и экспериментальной физики, д-р  
физ.-мат. наук, **проф. Мамалуй А.А.**

### 21 апреля секционные заседания:

12 <sup>00</sup> атом. пр. У2	<b>НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ</b>
12 <sup>00</sup> 213 ауд. У2	<b>НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ</b>
12 <sup>00</sup> 9 ауд. У2	<b>ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ</b>
10 <sup>20</sup> мех. пр. У2	<b>СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ</b>

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

- 12<sup>15</sup> Большая физическая аудитория У2**
1. **НАНОМЕДИЦИНА, НАНОРОБОТЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ**  
*Национальный технический университет «ХПИ»* 17  
*Ст.: Г.С. Савустьян, А.И. Кабенюк*  
*Рук. проф. А.А. Мамалуй*
  2. **УДИВИТЕЛЬНЫЕ ВЕСЫ РОБЕРВАЛЯ**  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Харьковский национальный университет* 20  
*им. В.Н. Каразина*  
*Ст.: А.Ю. Емец, Я.Н. Жуков, М.В. Тыроус*  
*Рук.: доц. А.Р. Казачков, проф. Е.С. Сыркин*
  3. **ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ  $\text{PbTe-PbSe}$**  23  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. Е.В. Мартынова*  
*Рук.: проф. Е.И. Розачева, м.н.с. О.С. Водорез*
  4. **РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В СРЕДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПРЕЛОМЛЕНИЕМ. 1. ТЕОРИЯ** 25  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: Б.В. Воробьев, А.И. Дмитрук, В.В. Пилипенко, В.А. Явтушенко*  
*Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин, ст. пр. И.В. Галуцак, ст. пр. С.С. Кривонос*
  5. **РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В СРЕДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПРЕЛОМЛЕНИЕМ. 2. ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ** 27  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: М.И. Зайцева, Е.С. Редька, Р.А. Павкин, В.А. Явтушенко*  
*Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин, доц. Н.Б. Фатьянова, ст. пр. И.В. Галуцак*
  6. **ПАРАДОКСЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО РАСШИРЕНИЯ** 28  
*ХНУ им. В.Н. Каразина*  
*Ст.: Ю.Клименко, А.Левкина, В.Ляшенко, Д.Муленко*  
*Рук.: доц. А.Р.Казачков, доц. М.А.Колосов, н.с. С.А.Власенко*

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

12<sup>00</sup> атом. практ. У2

### **ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В НЕЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ**

1. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 29  
*Ст. Д.А. Хмеленко*

*Рук.: доц. И.В. Синельник, ст. пр. Н.Е. Оверко*

### **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ЗВУКОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ РЕЧИ**

2. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 31  
*Ст. А.Н. Подорожный*

*Рук. доц. И.В. Синельник*

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ZnSe ДЛЯ ЭКСПЕРИ- МЕНТОВ ПО ДВОЙНОМУ БЕТА-РАСПАДУ НА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ БОЛОМЕТРАХ**

3. *Харьковский национальный университет им.В.Н.Каразина* 33  
*Ст. Т.Н. Рохманова*

*Рук. к.т.н., с.н.с. С.Н. Галкин*

### **СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕ- РЕХОДОВ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ СУПЕРИОННО- ГОСОЕДИНЕНИЯ $RbCu_4Cl_3I_2$**

4. *Харьковский национальный университе* 36  
*радиоэлектроники*

*Ст. А.В. Чижевская*

*Рук. доц. Е.Н. Коваленко*

### **ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ БЕЗ МЕ- ТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ**

5. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 39  
*Ст.: А.В. Кривко, А.И. Галка*

*Рук. доц. А.А. Рожков*

### **НИКЕЛЬ-ВОДОРОДНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ**

6. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 41  
*Ст.: А.В. Кривко, А.И. Галка*

*Рук. доц. А.А. Рожков*

- ПРИЧИНЫ АВАРИИ НА АЭС В ЯПОНИИ**  
*Национальный технический университет*
7. *«Харьковский политехнический институт»* 43  
*Ст.: Е.В. Бессонова, Е.А. Панченко*  
*Рук.: доц. А.Я. Дульфан, ст. пр. И.В. Галушак*
- НАДПРОВІДНІСТЬ**  
*Національний технічний університет*
8. *«Харківський політехнічний інститут»* 45  
*Ст.: Е.Е. Дереза, Т.В. Захожаєва*  
*Рук.: доц. Г.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*
- О МАГНИТНОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ**  
*Национальный технический университет*
9. *«Харьковский политехнический институт»* 47  
*Ст.: Г. Коленова, С. Серебренников*  
*Рук. доц. Т.Н. Шелест*
- О РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**  
*Национальный технический университет*
10. *«Харьковский политехнический институт»* 50  
*Ст.: Г.А. Кулинич, С.А. Серебренников*  
*Рук. доц. Т.Н. Шелест*
- НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАН-  
 НЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ РАЗБРЫЗГИВАЮЩИХ  
 УСТРОЙСТВ НА ЗАЭС**
11. *Национальный технический университет «ХПИ»* 52  
*Ст.: А.И. Кочерга, Н.Н. Кругол*  
*Рук. ст. пр. В.И. Ушаков*
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ТЕПЛОВОГО  
 ИЗЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИ-  
 ЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЛЬФРАМА**
12. *Национальный технический университет «ХПИ»* 56  
*Ст. А. Косоруков*  
*Рук.: асс. А.Н. Андреев, асс. О.Н. Андреева*
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯ-  
 ЮЩЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
 ЗЕМЛИ И МАГНИТНОГО МОМЕНТА МАГНИТА  
 МЕТОДОМ ГАУССА**
13. *Национальный технический университет «ХПИ»* 61  
*Ст.: М.П. Горбатенков, Б.В. Мазуркевич, С.В. Сапрошин*  
*Рук.: асс. А.Н. Андреев, асс. О.Н. Андреева*

**ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ  
ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА**

14. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 65

*Ст. А.П. Пугач*

*Рук. доц. Г.И. Копач*

**ЯВЛЕНИЕ ОСМОСА И ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВ-  
ЛЕНИЯ**

15. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 68

*Ст. Е.Н. Резниченко*

*Рук. доц. Г.И. Копач*

## **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**

**12<sup>00</sup> 213 аудитория У2**

### **ИНТЕРНЕТ-ПРОЕКТ «ИСТОРИЯ МИРА ГЛАЗАМИ ФИЗИКА»**

1. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 71  
*Ст.: Д.Главчев, С.Носко, К.Коростоянов, А.Криницкий*  
*Рук.: доц. И.В. Синельник., ст. пр. Г.Н. Белявская*  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИХРОИЧНЫХ ПОЛЯРИЗАТОРОВ**  
*Национальный технический университет*
2. *«Харьковский политехнический институт»* 72  
*Ст.: Д.С. Воронин*  
*Рук.: доц. Е.Т. Лемешевская, доц. В.В. Пилипенко*  
**МАГНИТНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ДИХРОИЗМ  
АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО КРИСТАЛЛА MnF<sub>2</sub>**
3. *Харьковский национальный университет* 74  
*им. В.Н. Каразина*  
*Ст. М. Ефремова*  
*Рук.: акад. Н.Ф.Харченко, н.сопр. О.В. Милославская*  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦВЕТНОСТИ ИСТОЧНИКОВ  
ВИДИМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА**
4. *Харьковский национальный университет* 77  
*радиоэлектроники*  
*Ст. А.С. Братчун*  
*Рук. проф. А.А. Галуза*  
**ИЗУЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ  
НА ПРИМЕРЕ РАДИАЦИОННОГО ФОНА**
5. *Национальный технический университет* 80  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: С.С. Бульба, Р.А. Москаленко, П.В. Сачок*  
*Рук. доц. И.В. Синельник*  
**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОВИЗОРЫ ДЛЯ  
ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА**
6. *Харьковский национальный университет* 82  
*радиоэлектроники*  
*Ст.: Д. В. Гарячевская, М.А. Шевченко*  
*Рук. доц. Р.П. Орёл*



- ОБЪЕМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В КУБИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ**
7. *Харьковский национальный университет* 84  
*им. В.Н. Каразина*  
*Ст. М.С. Ключко*  
*Рук. проф. Е. С. Сыркин*
- ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В СКРЕЩЕННОМ МАГНИТОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЯХ**
8. *Национальный технический университет* 87  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. А.С. Колесник*  
*Рук. доц. А. А. Рожков*
- ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В КОНТРОЛЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**
9. *Харьковский национальный университет* 89  
*радиоэлектроники*  
*Ст.: С.В. Грищенко, Е.В. Корниенко*  
*Рук. асс., к.т.н. С.Б. Малик*
- ЦИФРОВОЙ ЗВУК**
10. *Национальный технический университет* 92  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. Е. Храмов*  
*Рук. проф. Ю.И. Подъячий*
- МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА**
11. *Национальный технический университет «ХПИ»* 96  
*Ст.: А.О. Довгаль, Д.Ф. Муравьев*  
*Рук. ст.пр. И.А. Корж*
- ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СНЕЖИНОК**
12. *Национальный технический университет «ХПИ»* 97  
*Ст.: Е.В. Дидковский, О.К. Цебро, Д.А. Шевердин*  
*Рук. доц. И.В. Синельник*
- ТЕПЛОВОЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ**
13. *Харьковский национальный университет* 98  
*радиоэлектроники*  
*Ст.: Д.В. Смашный, В.С. Минаев*  
*Рук. доц. Р.П. Орёл*

- СВЕТ И ЗВУК: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СРЕДЕ**  
*Национальный технический университет*
14. *«Харьковский политехнический институт»* 101  
*Ст.: А.О. Горячева, В.Д. Сырцев*  
*Рук.: ст. пр. Г.Е. Галуза, доц. В.К. Якуша*
- ТРЕХМЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ КАК МЕТОД  
 КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТОВ**
15. *Национальный технический университет* 103  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. В.А. Галаган*  
*Рук. доц. А.Г. Лазаренко, асс. А.Н. Андреев*
- АВТОМАТИЧЕСКОЕ СОГЛАСУЮЩЕЕ  
 УСТРОЙСТВО**
16. *Национальный технический университет* 105  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: А. Резниченко, А. Силады*  
*Рук. ст. преп. А.Е. Андреев*
- ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ  
 РАДИОЛОКАТОРА С ШУМОПОДОБНЫМ  
 ЗОНДИРУЮЩИМ СИГНАЛОМ**
17. *Национальный технический университет* 109  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. А. Паливода*  
*Рук. проф. В.А. Пуляев*

## ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ

12<sup>00</sup> 9 аудитория У2

- ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР  
(ДУМОУЛАВЛИВАТЕЛЬ)**
1. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 111  
*Ст.: М.В. Кривонос, А.Р. Молодцова, А.В. Маркианович  
Рук.: ст. пр. И.В. Галушак, ст. пр. С.С. Кривонос*
- ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ОПТИЧЕСКИХ ИЛЛЮЗИЙ**
2. *Национальный технический университет «ХПИ»* 112  
*Ст. А.В. Демченко  
Рук. доц. Ю.В. Меньшов*
- ПАРАДОКС БЛИЗНЕЦОВ**
3. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 114  
*Ст. И.И. Модянова  
Рук.: доц. Л.Г. Петренко, доц. Н.Л. Дьяконенко*
- ОСМОТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ  
(СОЛЕННЫЙ КИЛОВАТТ)**
4. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 116  
*Ст. В. Игнатъев  
Рук. доц. Е.Н. Подъячая*
- УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫВОДОВ  
ТРАНЗИСТОРОВ**
5. *Ст. А.С. Зубович* 120  
*Рук.: доц. Е.Н. Подъячая, ст. пр. Т.В. Абрамова*
- МЕТОД РАСЧЕТА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ  
УЧАСТКА ТРУБЫ ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ, В  
КОНЦЕ КОТОРОГО СКОРОСТЬ ПОТОКА РАВНА  
СКОРОСТИ ЗВУКА**
6. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 122  
*Ст. О.И. Теплинская  
Рук. д.т.н. А.В. Бойко*

## **СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ КВАНТОВЫЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА**

7. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 125  
*Ст. К. Беспалов*  
*Рук. доц. Т.И. Храмова*  
**МЕТОД СВОБОДНОГО МОЛЛИРОВАНИЯ ПРИ  
ИЗГОТОВЛЕНИИ СТЕКОЛ СО СЛОЖНОЙ  
ПОВЕРХНОСТЬЮ**
8. *Национальный технический университет* 126  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. Д. Петров*  
*Рук. доц. Т.И. Храмова*  
**НАНОТЕХНОЛОГИИ СЕГОДНЯ И ПРОГНОЗ ИХ  
РАЗВИТИЯ В БУДУЩЕМ**
9. *Национальный технический университет* 127  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: Г.Н. Оберемок, Е.Н. Крепская*  
*Рук.: доц. В.К. Якуша, доц. В.И. Белозерцева*  
**ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛЬ ТЕСЛА**
10. *Национальный технический университет* 129  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: Д.Д. Саленко, М.И. Кондратьев*  
*Рук.: ст. пр. С.С. Кривонос, ст. пр. Н.П. Благая*  
**ЭНЕРГЕТИКА И ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**
11. *Национальный технический университет* 131  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: О.И. Абрамов, А.В. Бугай, А.В. Войтенко*  
*Рук. доц. М.В. Лебедева*  
**ПРОСТЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ  
ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА**
12. *Национальный технический университет* 132  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. О.В. Савченко*  
*Рук.: доц. В.В. Пилипенко, доц. Е.Т. Лемешевская*  
**ОСОБЕННОСТИ МЕЛЛИЧЕСКОГО СТЕКЛА И  
НЕКОТОРЫХ КОМПОЗИТОВ**
13. *Национальный технический университет «ХПИ»* 134  
*Ст. Е.В. Овчинников*  
*Рук. доц. Н.Б. Фатьянова*

- ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА**  
*Национальный технический университет*
14. *«Харьковский политехнический институт»* 136  
*Ст. В.В. Лимищенко*  
*Рук. доц. Т.И. Храмова*
- БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ**  
*Национальный технический университет*
15. *«Харьковский политехнический институт »* 137  
*Ст.: А.Ю. Гопта*  
*Рук.: доц. В.К. Якуша, ст. пр. В. С.Савина*
- ПЕРВЫЙ НОБЕЛЕВСКИЙ ЛАУРЕАТ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ**  
*Национальный технический университет*
16. *«Харьковский политехнический институт»* 139  
*Ст. Р.Н. Таран*  
*Рук. доц. В.К. Якуша*

## **СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ**

### **10<sup>20</sup> механический практикум У2**

- ДЕМОН МАКСВЕЛЛА И ЕГО  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕАЛИЗАЦИИ**
1. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 142  
*Ст. А. Ефремова*  
*Рук. доц. С.Д. Гапоченко*
- НИЗКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ**
2. *Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева* 145  
*Ст. И.А. Кумейко*  
*Рук. доц. С.С. Авотин*
- ГИДРОДИНАМИКА В МИРЕ ЖИВОТНЫХ**
3. *Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева* 146  
*Ст. Ю.А. Кумейко*  
*Рук. доц. С.С. Авотин*
- ЧЕЛОВЕК – НЕВИДИМКА. ФАНТАЗИЯ  
ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ**
4. *Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева* 147  
*Ст. О.С. Минаков, Я.Н. Кляп*  
*Рук. доц. С.С. Авотин*
- НЕОБЫЧНЫЕ ОПЫТЫ В ИСТОРИИ НАУКИ**
5. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 148  
*Ст.: А.М. Толкачева, О.А. Яковенко*  
*Рук.: доц. А.Я. Дульфам, доц. Н.Б. Фатьянова*
- ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
ФЕРРОМАГНИТНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ИНФОРМА-  
ЦИИ**
6. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»* 149  
*Ст. Д.Ф. Муравьев Рук. доц. Л.Г. Петренко*

- ЛАЗЕРЫ: ИСТОРИЯ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ**  
*Национальный технический университет*  
 7. «Харьковский политехнический институт» 151  
*Ст. С.А. Сокол*  
*Рук. доц. Л.Г. Петренко*
- ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ В  
 СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКЕ.  
 ТОМОГРАФИЯ**  
 8. *Национальный технический университет* 153  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. В.О. Корабельский*  
*Рук. ст. пр. И.В. Галуцак*
- СОЗДАНИЕ В ХАРЬКОВЕ ПЕРВОГО В СОВЕТ-  
 СКОМ СОЮЗЕ ТРЕХКООРДИНАТНОГО РАДИО-  
 ЛОКАТОРА ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА**  
 9. *Национальный технический университет* 155  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. Е.В. Денисенко*  
*Рук. асс Е.Б. Алмазова*
- КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ  
 ЦИОЛКОВСКИЙ –ОСНОВОПОЛОЖНИК КОСМО-  
 НАВТИКИ**  
 10. *Национальный технический университет* 157  
*Харьковский политехнический институт*  
*Ст. М. С. Яковлюк*  
*Рук. доц. В. И. Белозерцева*
- ПРИЛАДИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ПРИЦІЛЮВАН-  
 НЯ СУЧАСНОГО ТАНКА**  
*Гвардійський орден Червоної Зірки факультет військової*  
*підготовки Національного технічного університету*  
 11. «Харківський політехнічний інститут» 159  
*Курс.: Д. Мураховський, Б. Чорноротий, І. Чорноротий*  
*Кер.: доц. Ю.Г. Окладной, п-к С.О. Сладкіх,*  
*п/п-к Д.В. Балашевич*
- ГІРОСКОПИ В СИСТЕМАХ СТАБІЛІЗАЦІЇ  
 ОЗБРОЄННЯ ТАНКІВ**  
*Гвардійський орден Червоної Зірки факультет військової*  
*підготовки НТУ «ХПІ»*  
 12. *Курс.: Р. Гулієв, О. Онушко* 161  
*Кер.: доц. Ю.Г. Окладной, доц. П.А. Бондарук*

**УКРАИНА И ШТУРМ КОСМОСА.  
К 50-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ПОЛЁТА  
ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС**

13. *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: М. Побережная, А. Тарасова  
Рук. доц. Ю.Г. Окладной* 164  
**ОПЕРЕДИВШИЕ ВРЕМЯ**  
*Национальный технический университет*
14. *«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Д.П. Фрадкина  
Рук. доц. В.К. Якуша* 166  
**ПЕРВОПРОХОДЕЦ ИВАН ПУЛЮЙ**  
*Национальный технический университет*
15. *“Харьковский политехнический институт”  
Ст. А.О. Мирошниченко  
Рук. доц. В.К. Якуша* 169



## **ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**

### **НАНОМЕДИЦИНА, НАНОРОБОТЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»***

***Ст.: Г.С. Савустьян, А.И. Кабенюк***

***Рук. проф. А.А. Мамалуй***

***«Соломинка совершеннее Эйфелевой башни»  
акад. В.Ткачук***

Нанотехнологии - новое направление физической науки и технологий, которые активно развиваются в последнее десятилетие. Они подразумевают технологии создания и использования веществ и конструкций наномасштабов ( $\sim 10^{-9}$  м) с заданной атомно-молекулярной структурой. Сам термин «нанотехнологии» был введён в 1974 профессором физики Токийского университета Норио Танигучи. Возможность манипулировать атомами привлекала людей задолго до этого. Ещё в 1959 году нобелевский лауреат Ричард Фейнман в своём выступлении предсказал, что в будущем, научившись манипулировать отдельными атомами, человечество сможет синтезировать всё, что связано с его потребностями. В 1981 году появился первый инструмент для манипуляции атомами — туннельный микроскоп, изобретённый учеными из ИВМ. С помощью этого микроскопа можно не только «видеть» отдельные атомы, но и перемещать их. Была продемонстрирована принципиальная возможность манипулировать атомами, непосредственно собирать из них, словно из кирпичиков атомные конструкции заданного типа.

Одно из наиболее перспективных и важных применений нанотехнологий – медицина.

В медицине уже около 10 лет работают с наночастицами. Одно из опробованных в настоящее время перспективных применений – диагностика заболеваний. Как известно одним из методов исследования человеческого организма и выявления аномалий является магнитно – резонансная томография. Проблема заключается в том, что в теле человека практически отсутствуют частицы с большими магнитными моментами, что затрудняет получение чётких снимков внутренних органов и тканей человека. При введении порошка из наночастиц имеющих магнитный момент в тело человека и группировке их с помощью

магнитного поля в исследуемой части тела получают более чёткие снимки.

Квантовые точки, флуоресцирующие при определённом типе облучения и изменяющие характерные частоты излучения при аномальных взаимодействиях с окружающими молекулами (аномалия!) используются для диагностики раковых опухолей, засорения кровеносных сосудов. Такая технология, в частности, опробована на лабораторных мышках учёными московского университета. Наночиповая технология позволяет генерировать миллионы точек (датчиков) на той же площади, которую занимает одна точка в микрочипе. При этом из одной капли крови можно извлечь всю информацию о ДНК человека, вычислить все мутации и ошибки, т.е. определить генетические заболевания организма человека.

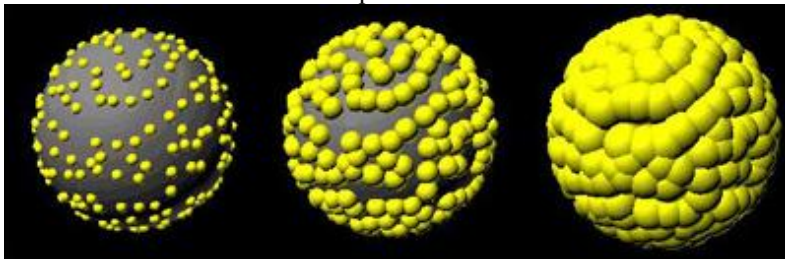


Рисунок 1 – Проникновение ДНК в ядро человека с помощью вируса.

Наночастицы так же могут служить для переноса генетического материала в клетку или ядро клетки, для лечения генных заболеваний. Так введение гена  $phVEGF_{165}$  в тело человека способствует образованию новых сосудов. Для проникновения в клетку используются вирусы, которые используются как «носители» элементов ДНК и легко проникают внутрь ядра клетки. Однако эта технология может привести к опасным последствиям.

Кроме переноса ДНК наномедицина способна транспортировать витамины и другие полезные вещества к любому органу человека, что способствует более быстрому и полному их усваиванию.

Роберт Фрайтас (Robert A. Freitas Jr.) [2], автор книги о медицинском применении нанотехнологий и нанороботов под названием «Nanomedicine» объединил многие подобные идеи, придумав термин «Vasculoid», (vascular — сосудистый; oid — от «Android») позже – Robblood.

Кроме датчиков и транспортировщиков Roboblood будет способна уничтожать бактерии в крови человека, транспортировать кислород более эффективно, чем наша кровь. Однако учёные допускают, что имеющихся у них знаний о биологических функциях кровеносной системы может не хватить для реализации подобного проекта. Кроме этой проблемы учёные видят ещё одну очень важную проблему – самокопирование роботов (репликация).

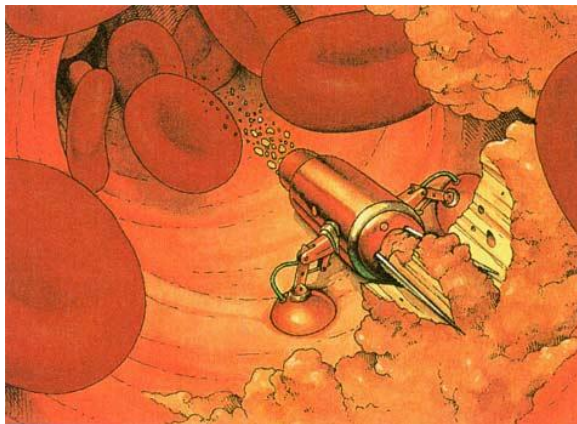


Рисунок 2 – Наноробот уничтожает отложения холестерина в сосудах человека.

Нанотехнологии определённо изменят нашу жизнь в будущем, уже более 10 лет ведущие лаборатории мира проводят крупномасштабные исследования в этой области. Нанотехнологии войдя в наш мир изменят как окружающую среду, так и нас самих. Развитие наномедицины не должно привести к эффектам изменяющим человека и опасным для существования человека. Лекарство не должно быть опаснее болезни!

#### Литература:

- 1.Ткачук В.А., Наномедицина – новые пути к здоровью, МГУ, Россия, 2010, WWW.1-film-online.com
- 2.Robert A. Freitas Jr., Christopher J. Phoenix, "Vasculoid: A personal nanomedical appliance to replace human blood," Journal of Evolution and Technology, 11 apr, 2002.

## УДИВИТЕЛЬНЫЕ ВЕСЫ РОБЕРВАЛЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина*

*Ст.: А.Ю. Емец, Я.Н. Жуков, М.В. Тыроус  
Рук.: доц. А.Р. Казачков, проф. Е.С. Сыркин*

Жиль Роберваль (1602-1675) – выдающийся французский математик, астроном и физик, член Парижской Академии наук с момента ее основания в 1666 году, научный соперник и принципиальный оппонент своих великих современников Торричелли, Паскаля, Мерсенна. Из его богатого творческого наследия особо замечателен удивительный измерительный прибор - на первый взгляд кажущиеся принципиально невозможными [1] *весы Роберваля*. Трудно поверить, что это незамысловатое устройство, внешне напоминающее обычные рычажные весы, не нарушает «золотое правило механики». Принципиальная особенность конструкции весов Роберваля заключается в том, что их плечи жестко закреплены на вертикальных сторонах подвижного параллелограмма, который, в свою очередь, подвешен на вертикальной стойке с помощью двух фиксированных осей. Чтобы убедиться в том, что весы Роберваля – не шутка и не ошибка ученых прошлого, из элементов набора «Конструктор» были построены их действующие модели (фото 1-5).

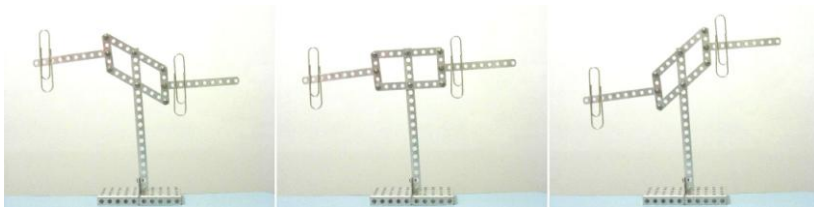


Фото 1. Равные массы в безразличном равновесии на весах Роберваля.  
На первом снимке показаны главные «странности» весов Роберваля. Грузы одинаковой массы находятся на них в равновесии *неза-*

*висимо от расстояния до оси весов, причем это – яркий пример безразличного равновесия. Плечи уравновешенных весов Роберваля не стремятся оказаться на одном уровне, а остаются в том положении, в котором их оставили при измерении.*

Если же массы взвешиваемых грузов не совпадают, то весы Роберваля, подобно простым рычажным, опускают более тяжелый груз в предельно низкое положение (фото 2 слева и справа).

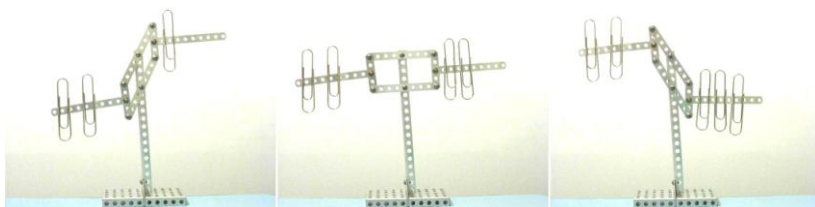


Фото 2. Взвешивание на весах Роберваля.

Заметим, что если грузы располагать не на плечах весов Роберваля, а на сторонах подвижного параллелограмма, то правило рычага вновь обретает силу (фото 3).

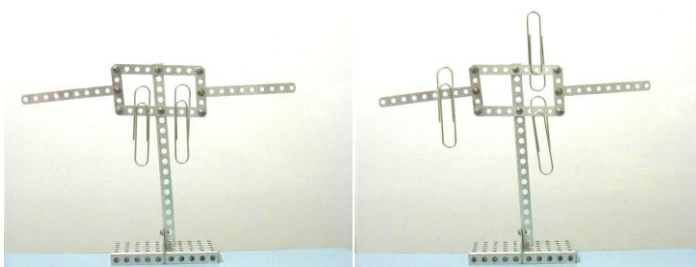


Фото 3. Весы Роберваля в рычажном (слева) и «комбинированном» (справа) рабочем режиме.

Избавиться от присущих весам Роберваля недостатков состояния безразличного равновесия позволяет небольшой противовес (фото 4), упрощающий процедуру измерения.

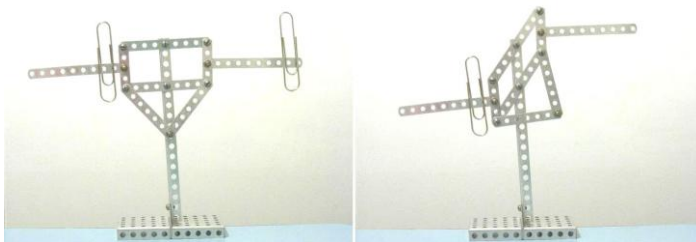


Фото 4. Весы Роберваля с противовесом.

Замечательное устройство, изобретенное Жилем Робервалем, открывают широкий простор для создания экзотических, контринтуитивных уравнивающих конструкций. Так, оба плеча весов на фото 5 находятся *по одну сторону* несущей стойки, что не мешает пользоваться ими для взвешивания.

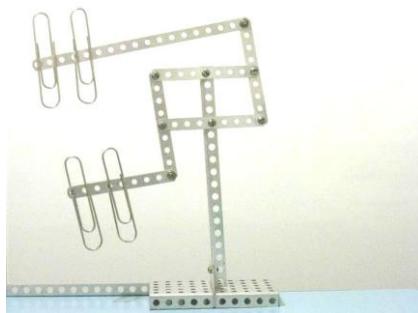


Фото 5. «Невозможное» равновесие.

Анализ динамики весов Роберваля чрезвычайно сложен, поскольку требует учета шести осей вращения. Однако их работу можно объяснить и не прибегая к вычислению сил и моментов сил, только на основе закона сохранения энергии. Плечи весов закреплены на вертикальных сторонах параллелограмма, середины двух других сторон которого фиксированы шарнирно. В результате вертикальное смещение левого плеча (например, вниз) вызовет равное и противоположное (вверх) смещение правого плеча, и если взвешиваемые грузы равны, то потенциальная энергия системы при этом не меняется – типичный пример безразличного равновесия. Если же груз на одном из плеч весов тяжелее, то весы опустят это плечо? уменьшив тем самым свою потенциальную энергию.

[1] N.Treitz. *Hands-on Experiments in Physics Education*, ICPE,1998/

# ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ PbTe-PbSe

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.В. Мартынова*

*Рук.: проф. Е.И. Рогачева, м.н.с. О.С. Водорез*

В последнее время особенную актуальность приобрели проблемы сохранения, экономии и преобразования энергии. В связи с этим особое внимание уделяется развитию методов прямого преобразования энергии, к числу которых относится и термоэлектрический (ТЭ) метод – преобразование тепловой энергии в электрическую.

Термоэлектричество представляет собой совокупность явлений, в которых разница температур создаёт электрический потенциал либо электрический потенциал создаёт разницу температур. Термин «термоэлектричество» охватывает три взаимосвязанных эффекта: эффект Зеебека, Пельтье и Томсона.

Важнейшей характеристикой материалов для ТЭ преобразователей энергии, в значительной степени определяющей КПД термоэлемента, является их ТЭ добротность  $ZT$ :

$$ZT = S^2 \sigma T / \lambda,$$

где  $\sigma$  — коэффициент электропроводности,  $S$  - коэффициент Зеебека,

$T$  — абсолютная температура,  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности.

Поэтому важным направлением исследований в плане повышения добротности материалов ТЭ является поиск путей снижения теплопроводности материала.

Одними из наиболее перспективных ТЭ материалов являются полупроводниковые соединения типа IV-VI и твердые растворы на их основе, к числу которых относятся твердые растворы PbTe-PbSe. Зависимости ТЭ свойств данной системы от состава в широком интервале концентраций исследовались ранее в ряде работ. В последние годы появились сообщения о наличии концентрационных аномалий кинетических свойств в области малых содержаний PbSe в твердых растворах

на основе PbTe. Это привлекает внимание к детальному исследованию теплопроводности в области малых концентраций PbSe.

Цель настоящей работы - исследование температурных зависимостей теплопроводности сплавов PbTe — PbSe в интервале концентраций 0 - 3 мол. % PbSe.

Исследования проводились на прессованных отожженных образцах. Синтез осуществлялся методом прямого сплавления элементов (Pb, Te, Se) высокой степени чистоты. Образцы выдерживались в расплаве при температуре 1300 К в течение ~ 5 - 6 часов с применением вибрационного перемешивания, после чего охлаждались до 870 К, отжигались при этой температуре 200 часов и затем охлаждались до комнатной температуры со скоростью выключенной печи. Из литых отожженных сплавов методом горячего прессования ( $T=670$  К, давление  $4 \text{ т/см}^2$ , время выдержки под нагрузкой 10 с, степень дисперсности порошков ~ 200 мкм.) готовились прессованные образцы в форме цилиндров высотой 5 мм и диаметром 10 мм., которые далее подвергались гомогенизирующему отжигу при 770 К в течение 260 ч. После отжига образцы полировались. Теплопроводность измерялась методом динамической калориметрии с помощью тепломера ИТ- $\lambda$ -400 в температурном диапазоне 145—670К. Воспроизводимость результатов контролировалась с помощью повторных измерений образца одного состава.

На основе проведенных измерений были получены температурные зависимости теплопроводности для десяти составов твердых растворов PbTe-PbSe.

Установлено, что все зависимости  $\lambda(T)$  имеют сходный характер: на всех кривых можно выделить две температурные области:

- в диапазоне температур 145-400 К наблюдается падение теплопроводности образцов,
- в диапазоне температур 400-670 К теплопроводность плавно возрастает. Таким образом, все зависимости имеют вид кривых с минимумом.

Дана интерпретация полученных экспериментальных результатов с учетом различных механизмов рассеяния фононов. Наличие участка роста теплопроводности с увеличением температуры связывается с процессами биполярной диффузии носителей заряда. Полученные результаты могут быть использованы для определения оптимального температурного интервала работы ТЭ преобразователей энергии на основе твердых растворов PbTe-PbSe.



# РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В СРЕДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПРЕЛОМЛЕНИЕМ. 1. ТЕОРИЯ.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Б.В. Воробьев, А.И. Дмитрук, В.В. Пилипенко,  
В.А. Явтушенко*

*Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин,  
ст. пр. И.В. Галушак, ст. пр. С.С. Кривонос*

В 1904 г. Лямб предложил некоторые искусственные механические модели одномерных «сред», в которых групповая скорость может быть отрицательной. Сам, он, по-видимому, не считал, что приведенные им примеры могут иметь физическое применение. Но, как оказывается, существуют и вполне реальные среды, в которых для некоторых областей частот фазовая и групповая скорости действительно направлены навстречу друг другу.

Рассматривая плоскую синусоидальную волну, падающую под углом  $\varphi$  на плоскость раздела  $y=0$ :

$$E_{\text{пад}} = e^{i[\omega t - n(x \sin \varphi + \cos \varphi)]},$$

и наряду с ней еще отраженную:

$$E_{\text{отр}} = e^{i[\omega t - n(x \sin \varphi' - \cos \varphi')]};$$

и преломленную:

$$E_{\text{прел}} = e^{i[\omega t - n_1(x \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1)]}.$$

Из граничных условий тотчас же следует закон отражения

$\sin \varphi = \sin \varphi'$  или  $\varphi = \varphi'$ , и закон преломления

$$n \sin \varphi = n_1 \sin \varphi_1.$$

Академик Л.И.Мандельштам в своих лекциях 1944 года обратил внимание, что последнее равенство удовлетворяется как при угле  $\varphi_1$ , так и при угле  $\pi - \varphi_1$ . Волна во второй среде, соответствующая  $\varphi_1$ , распространяется по направлению от границы раздела (рис. 1). Волна же, соответствующая  $\pi - \varphi_1$  распространяется по направлению к границе раздела (рис. 2).

Л.И.Мандельштам показал, что в средах, в которых групповая и фазовая скорости волны противоположны по направлению, луч, падающий из свободного пространства, отклоняется в противоположную сторону, чем обычно, так называемый отрицательный коэффициент преломления.

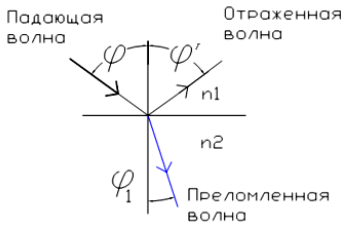


Рисунок 1

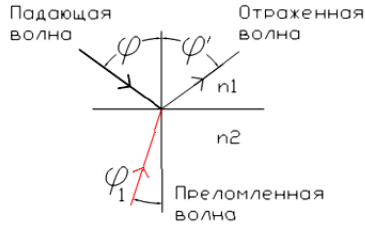


Рисунок 2

Отрицательный коэффициент преломления  $n = \sqrt{\epsilon\mu}$  который проявляется при одновременной отрицательности диэлектрической и магнитной проницаемостей - одно из свойств метаматериалов.

Метаматериалы синтезируются внедрением в исходный природный материал различных периодических структур с самыми различными геометрическими формами, которые модифицируют диэлектрическую  $\epsilon$  и магнитную  $\mu$  восприимчивости исходного материала. В очень грубом приближении такие включения можно рассматривать как искусственные, чрезвычайно больших размеров атомы. Разработчик метаматериалов при их синтезировании имеет большой выбор свободных параметров (размеры структур, форма, постоянный и переменный период между ними и т. д.).

Данный эффект может быть описан с помощью уравнения распространения электромагнитных волн в изотропной среде:

$$k^2 - (\omega / c)^2 n^2 = 0,$$

где  $k$  — волновой вектор,  $\omega$  — частота волны,  $c$  — скорость света,  $n^2 = \epsilon\mu$  — квадрат показателя преломления уравнения. Очевидно, что одновременная смена знаков у диэлектрической  $\epsilon$  и магнитной  $\mu$  восприимчивости среды никак не отразится на этих соотношениях.

Изотропные среды подразделяются на «Правые» и «Левые».

Для «правых» диэлектрическая  $\epsilon$  и магнитная  $\mu$  восприимчивости среды одновременно положительные, три вектора электромагнитного поля — электрический  $E$ , магнитный  $H$  и волновой  $k$  образуют систему т. н. правых векторов. Среда, у которых  $\epsilon$ ,  $\mu$  — одновременно отрицательные, называют «левыми». Аналогичные явления возможны не только для электромагнитных волн.

Благодаря отрицательному показателю преломления, метаматериалы идеальны для маскировки объектов, так как их невозможно обнаружить средствами радиоразведки.

## **РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В СРЕДЕ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПРЕЛОМЛЕНИЕМ. 2. ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский Политехнический Институт»*

*Ст.: М.И. Зайцева, Е.С. Редька, Р.А. Павкин,  
В.А. Явтушенко*

*Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин,  
доц. Н.Б. Фатьянова, ст.пр. И.В. Галушак,*

Больше сорока лет назад Виктор Веселаго [1] выдвинул гипотезу о существовании материалов с отрицательным показателем преломления. Однако эта идея была встречена физиками скептически.

Только в 2000 году британский физик Джон Пендри [2] разработал теорию маскирования объектов с использованием таких материалов. С течением времени физики все ближе подбирались к реализации идеи плаща-невидимки из фильмов и книг. Одним из последних достижений стал метаматериал, делающий предметы невидимым для инфракрасного излучения.

Никакого волшебства в этом нет, да и материалы используются не свежейизобретенные. Физики берут самые обыкновенные материалы типа оргстекла и меди и делают из них метаматериалы, похожие с виду на мозаику из плиток с повторяющимся орнаментом (рис.1). Метаматериалы взаимодействуют с электрическими и магнитными полями световой волны, манипулируя их характеристикой, которая называется "коэффициентом преломления", и тем самым преломляя свет так, как неспособен преломлять его ни один природный материал.

На практике, для реализации метаматериала был использован «резонаторный подход» - уже существующие в природе вещество модифицировали таким образом, что в его структуре образовывались различные колебательные системы, настроенные на определенную частоту.

Долгое время "работающие" метаматериалы в силу ряда ограничений получить не удавалось. Однако недавно группа ученых под руководством Шалаева В.М. [3] показала, что материалы с отрицательным

коэффициентом преломления, в которых практически нет потерь, реально создавать в оптическом диапазоне длин волн. По своей структуре метаматериалы, созданные в Университете Пердью, напоминают рыбацкую сеть, ячейки которой состоят из серебра и окиси алюминия.

Материалы с отрицательным показателем преломления позволяют легко согласовать импедансы. Они демонстрируют свойства, характерные для свободного пространства (воздушной среды), в результате не происходит обычного отражения лучей, падающих на них под любыми углами. Это значит, что самолет, покрытый в соответствии с технологией "Стелс" таким метаматериалом, может остаться необнаруженным.

Тем не менее, Пендри предложил создать на основе материалов с отрицательным коэффициентом отражения "суперобъектив", поскольку они, в отличие от линз обычных объективов, не подвержены процессу под названием "дифракция" - проще говоря, изображение не расплывается.

Еще одна возможная сфера применения - устройства типа пишущих DVD. Чем тоньше фокусировка, тем больше файлов можно будет уместить на одном стандартном носителе без потери качества.

Метаматериалы позволяют, по словам Шалаева, "привести" свет к наномасштабу и далее им манипулировать. К примеру, работы в соответствующей области нанотехнологий - нанофотоники - позволят создавать устройства, гораздо быстрее обрабатывающие информацию, чем существующие компьютеры, а также можно увеличить скорость передачи интернет-данных по меньшей мере в 10 раз.

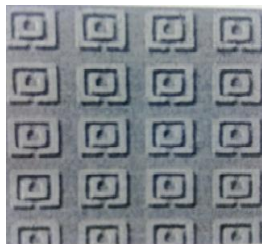


Рис. 1

По мнению специалистов, можно создать оптический аналог черной дыры - такую область пространства, которая будет затягивать в себя свет. Можно "заставить" свет концентрироваться в отдельной точке пространства. И уж совсем фантастично то, что метаматериалы позволяют (правда, пока теоретически) моделировать различные задачи космологии.

Сейчас ученые стараются продвинуть эту технологию и методы настолько, чтобы разработанные новые материалы привели к развитию новых полезных приложений.

1. Веселаго В.Г. УФН Т. 92, с. 517, 1967г.
2. Пендри Дж. «В мире науки», N10, октябрь 2006г.
3. В.М. Шалаев, А.В. Кильдишев, УФН, Т. 181, 59–70, 2011г.

# НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

## ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В НЕЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.А. Хмеленко*

*Рук.: доц. И.В. Синельник, ст. пр. Н.Е. Оверко*

В современном мире большинство процессов имеет нелинейный характер. И зачастую закономерности протекания процессов различной физической природы оказываются сходными.

Примером нелинейной системы может служить электрическая цепь, представленная на рис. 1. Она была экспериментально исследована П. Линсеом [1], а позже – Д. Смитом [2]. При изменении амплитудного значения входного напряжения на выходе цепи после серии последовательных удвоений периода появлялись хаотические колебания. Общий подход к рассмотрению колебаний в подобной цепи был предложен Л. Чуа [2]. Однако механизмы появления хаотических колебаний не были рассмотрены. Поэтому целью данного исследования было построение математической модели такой электрической цепи, выяснение механизмов возникновения хаотических колебаний, проведение эксперимента и сравнение полученных результатов.

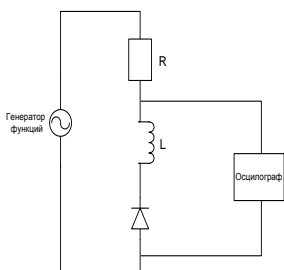


Рисунок 1. Электрическая схема  
ода

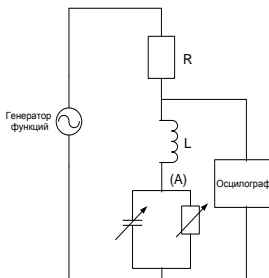


Рисунок 2. Схема с замещением ди-

исследуемой цепи

Объект исследования – это нелинейная электрическая цепь, состоящая из резистора R, катушки индуктивности L и диода, соединенных последовательно. Сопротивление резистора R – 200 Ом, индуктивность катушки L – 100 мкГн. Нелинейный элемент цепи – диод. На вход цепи подключен генератор функций. Результат фиксируется с помощью осциллографа, который подключен параллельно катушке индуктивности и диоду.

Диод – сложный нелинейный элемент, и для его рассмотрения была использована схема замещения переменным сопротивлением и переменной емкостью, соединенными параллельно, представленная на рис. 2.

На основании правил Кирхгофа, записанных для схемы, приведенной на рисунке 2, было получено следующее уравнение:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \left( \frac{R}{L} + \frac{1}{CR_d} \right) \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} \left( \frac{R}{R_d} + 1 \right) q = \frac{1}{L} \varepsilon_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где

$R_d$  - динамическое сопротивление диода

C - переменная емкость диода

$\varepsilon_0 \sin \omega t$  - зависимость ЭДС от времени, начальная фаза

q - заряд на обкладках конденсатора.

Динамическое сопротивление  $R_d$  – это отношение малых приращений напряжения и тока в рабочей точке (производная). На основании ВАХ из документации диода была выполнена аппроксимация в пакете Microsoft Excel и получен полином, представляющий зависимость напряжения на диоде от проходящего через него тока. Так же была аппроксимирована зависимость емкости диода от входного напряжения.

Для численного моделирования возникновения колебаний решалось дифференциальное уравнение (1) методом Эйлера. Начальные значения  $t=0$ ,  $q=0$ ,  $I=0$ .  $dt$  – шаг по времени, который может варьироваться и выбирается из условий моделирования.

Полученное в качестве решения значение заряда можно использовать для дальнейшего расчета выходного напряжения. Формула расчета имеет следующий вид.

$$U_{\text{вых}} = \frac{q}{C} + L \frac{dI}{dt} = \frac{q}{C} + L \left( \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{CR_d} \frac{dq}{dt} \right).$$

На основании приведенного алгоритма было разработано приложение для моделирования. Полученные путем моделирования ре-

зультаты сравнивались с экспериментальными, один из которых приведен на рис.3 (зависимость выходного напряжения от времени при амплитуде входного напряжения 3,82 В и частоте 450 кГц).

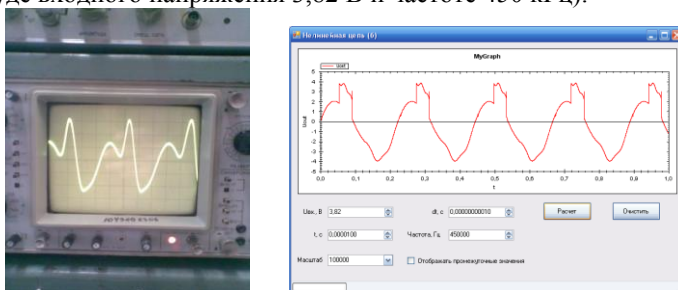


Рисунок 3. Результат эксперимента

Результаты моделирования показали хорошее качественное согласие с результатами эксперимента.

1. Смит Д. Генерирование хаоса в домашних условиях // В мире науки, 1992.- № 3. - с. 80-83.
2. P.Linsay. Period Doubling and Chaotic Behavior in a Driven Anharmonic Oscillator // Phys. Rev. Lett. – 1981. V.47. – p.1349.
3. Chua, L.O., Komuro, M., Matsumoto, T. "The Double Scroll Family," IEEE Transactions on Circuits & Systems, 1986, vol.CAS-33, no.11, p.1073

## СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ЗВУКОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ РЕЧИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.Н. Подорожный  
Рук. доц. И.В. Синельник*

Одной из актуальных проблем современных информационных технологий является распознавание и синтез человеческой речи с помощью компьютера.

Человеческая речь состоит из речевых звуков и фонем. Звук, в широком смысле – продольные механические волны, распространяющиеся в какой-либо упругой среде; в узком смысле – субъективное восприятие этих волн специальными органами чувств животных или

человека. Человеческая речь представляет собой сложные звуковые колебания, и, как любое сложное колебание, может быть разложена на составляющие гармонические колебания. Такое разложение называется спектральным анализом, а получившийся набор гармонических колебаний – спектром сложного колебания [1].

Целью данной работы является определение частотных составляющих (спектра) звуков человеческой речи и их синтез средствами компьютерных технологий.

Человек воспринимает звуковые колебания в диапазоне частот от 16 до 20000 Гц. Спектр частот человеческого голоса находится в диапазоне от 80 до 1000 Гц для мужского голоса и от 160 до 1300 Гц – для женского [2].

Для определения частотных составляющих человеческой речи, использовалось программное обеспечение Adobe Audition. Это мощный инструмент для аудио обработки, который позволяет записывать, микшировать, редактировать звук. Кроме того, для удобства и наглядности редактирования звука, в программе реализована функция спектрального анализа, результаты которого отображаются на экране компьютера в виде пан спектра и графика частотного анализа. Таким образом, мы можем проследить вклад отдельных колебаний на всех участках спектра и при необходимости отредактировать любую его часть.

В ходе работы исследовался спектральный состав гласных звуков и обнаружено, что

- каждый гласный звук содержит базовую частоту (частоту голоса говорящего) и модулирующие частоты; их число и амплитуда зависят от произносимого звука;

- все частотные составляющие кратны самой низкой; гласные звуки отличаются друг от друга количеством и соотношением кратных частот;

- в зависимости от спектрального состава, звуки могут переходить один в другой: из звука с большим числом модулирующих частот можно получить звук с меньшим числом модулирующих частот путём удаления лишних и изменения амплитуды нужных.

#### Литература

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. –М.: Высш. шк., 1989. –608с.
2. Семенов Э.В. Электроакустические устройства. – Томск, 2003.



# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ZnSe ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ДВОЙНОМУ БЕТА-РАСПАДУ НА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ БОЛОМЕТРАХ

*Харьковский национальный университет*

*им.В.Н.Каразина*

*Ст. Т.Н. Рохманова*

*Рук. к.т.н., с.н.с. С.Н. Галкин*

За последние время большой прогресс был сделан в области физики нейтрино, было показано существование нейтринных осцилляций, что доказывает наличие у нейтрино ненулевой массы [3]. Однако данные по осцилляциям нейтрино позволяют определить только разность квадратов масс состояний, но не дают величину самих этих масс. Данную задачу могут решить эксперименты по поиску и измерению двойного бета-распада, т.к. вероятность  $0\nu\beta\beta$ -распада чувствительна к свойствам нейтрино. Обычно выделяют две моды распада: двунейтринную ( $2\nu\beta\beta$ ) и безнейтринную ( $0\nu\beta\beta$ ) [1]. Однако обнаружение  $0\nu\beta\beta$ -распада представляется весьма сложной задачей, т.к. предполагаемый период распада составляет не менее  $10^{25}$  лет, а характерные энергии продуктов распада не превышают нескольких МэВ. Открытие  $0\nu\beta\beta$ -распада, позволит определить природу нейтрино, установить абсолютную шкалу масс нейтрино и проверить закон сохранения лептонного числа. Перспективным детектором для регистрации  $0\nu\beta\beta$ -распада является сцинтилляционный болометр [3]. Он имеет высокую чувствительность, регистрирует две характеристики одного события (фононный и фотонный сигнал), хорошее энергетическое разрешение (0,2-0,5% при 2,5МэВ), позволяет использовать большую массу детектора. Однако эффективность детектора в основном зависит от правильного выбора сцинтиллятора. Интересным сцинтиллятором является ZnSe, в составе которого  $^{82}\text{Se}$  – изотоп-кандидат на  $0\nu\beta\beta$ -распад. Он имеет благоприятные энергетические характеристики распада, максимально возможная энергия которого достаточна для минимизации действия фона, доля изотопа-кандидата на  $0\nu\beta\beta$ -распад высока. К тому же ZnSe бинарное соединение, его обогащение  $^{82}\text{Se}$  позволит на порядок увеличить вероятность обнаружения распада. Для сравнения кристаллов вводят понятие чувствительности [1]:

$$F = \frac{\varepsilon \cdot \eta \cdot N_a}{M} \left( \frac{m \cdot T}{b \cdot \Delta E} \right)^{1/2},$$

где  $\epsilon$  - эффективность детектора;  $\eta$  - атомная доля изотопа, для которого ожидается двойной бета-распад;  $N_a$  - число Авогадро;  $M$  - молярная масса;  $m$  - масса детектора;  $T$  - время экспозиции;  $b$  - фон;  $\Delta E$  - энергетическое разрешение.

Сравнивая  $ZnSe$  с  $CdWO_4$ , видим, что чувствительность  $ZnSe$  выше и обогащение его сильнее влияет на величину чувствительности (см. рис.1).

Для  $ZnSe$  характерно нестандартное поведение [2]: световыход от альфа-частиц гораздо больше световыхода для гамма-квантов, хотя обычно в кристаллах наблюдается обратная ситуация. Возможно, это связано с тем, что область прозрачности  $ZnSe$  охватывает видимый и инфракрасный диапазон. Часть тепла, производимого  $\alpha$ -частицей  $ZnSe$  воспринимает как свет.

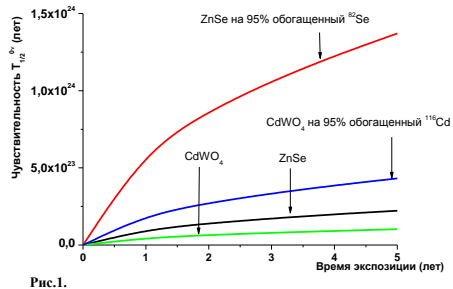


Рис.1.

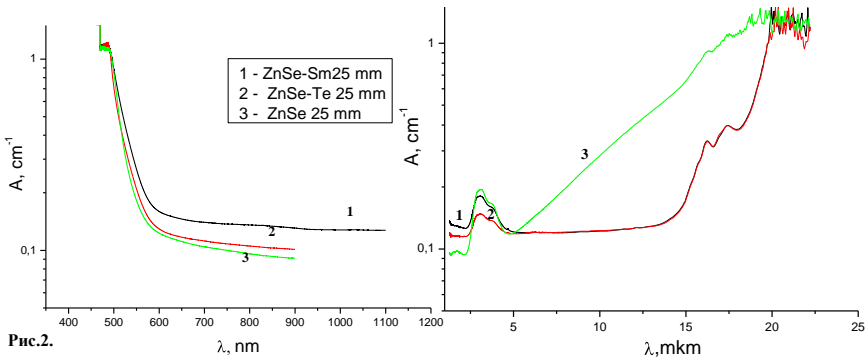


Рис.2.

При реализации  $0\nu\beta\beta$ -распада в ходе реакции должны высвободиться два электрона. Часть их поглощается решеткой кристалла и переходит в тепловую энергию, а часть вызывает ионизацию среды и сцинтилляции в кристалле. Сцинтиллятор должен минимально поглощать. Чем ниже теплоемкость и чем прозрачнее кристалл, тем точнее будут измерения. Поэтому экспериментально исследовалась прозрачность кристалла  $ZnSe$  в интервале длин волн, и обсуждалось влияние структурных особенностей на прозрачность кристалла. На практике измерялось поглощение при помощи спектрофотометра. Результаты интерпрети-

ровались по закону Бугера - Ламберта - Бера. На рис.2. показано исследование трех кристаллов, легированных разными примесями. Видим, что область прозрачности ZnSe охватывает приблизительно от 0,5 до 22мкм, чем больше примесей, тем больше поглощение, и в инфракрасном диапазоне беспримесный ZnSe начинает поглощать больше двух других. Кристаллы с примесями в видимом диапазоне поглощают сильнее, т.к. имеют искажения структуры. Степень поглощения ZnSe будет увеличиваться в инфракрасной области, т.к. в нем существуют электронно-активные дефекты, которые дают электроны в зону проводимости. А у примесных кристаллов нет электронной проводимости, примеси самоскомпенсируются.

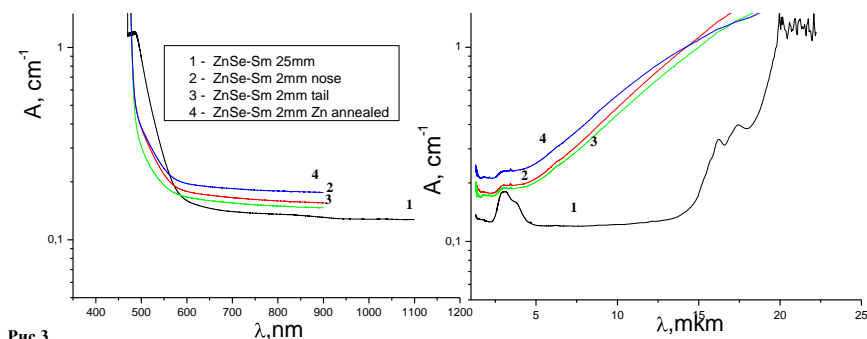


Рис.3.

Из рис.3 видим, что наибольшим поглощением будет обладать отожженный в парах Zn ZnSe-Sm ввиду его дефектной структуры. Вырезав из 25мм ZnSe-Sm хвостовую и носовую часть, можем по поглощению проследить, как распределяются примеси вдоль образца.

#### Литература:

1. Andrea Giuliani, Searches for neutrinoless double beta decay, AC-TA PHYSICA POLONICA B, Vol.41(2010), No.7
2. C.Arnaboldi, S.Capelli, O.Cremonesi, L.Gironi, M.Pavan, G.Pessina, S.Pirro, Characterization of ZnSe scintillating bolometers for Double Beta Decay, 30.05.2010
3. F.Orio, Status and plans of the LUCIFER Experiment, 02.11.2010

# **СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ СУПЕРИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$ .**

*Харьковский национальный университет*

*радиоэлектроники*

*Ст. А.В. Чижевская*

*Рук. доц. Е.Н. Коваленко*

К настоящему времени накоплен большой экспериментальный материал о структуре, электропроводности, теплоемкости и других физических свойствах суперионных проводников. Электронные спектры поглощения суперионных проводников практически не исследовались.

В нашей работе мы исследовали спектр поглощения суперионного соединения  $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$  в области фундаментальной полосы и температурном интервале, включающем фазовые переходы, а также влияние фазовых переходов на основные характеристики (спектральное положение, полуширину) экситонных полос соединения.

Для твердых электролитов  $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$  установлено существование трех фаз: двух упорядоченных ( $\gamma$ - и  $\beta$ -фазы) и суперионной ( $\alpha$ -фаза) [1,2]. Переход в суперионное состояние сопровождается не только резким ростом ионной проводимости, но и аномалиями в температурной зависимости теплоемкости, скачками и изломами в температурных зависимостях параметров экситонных полос. В связи с этим представляет интерес исследование оптических спектров суперионных соединений в температурном интервале, включающем фазовые переходы, а также изучение влияния фазовых переходов на основные характеристики (спектральное положение, полуширину) экситонных полос соединений.

Спектр поглощения  $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$  приведен на рис.1 (сплошная кривая соответствует температуре  $T=90\text{K}$ , пунктир – температуре  $T=293\text{K}$ ).

На низкочастотном крае собственной полосы поглощения отчетливо выделяется полоса с максимумом при  $3,785\text{ эВ}$ .  $A_1$ -полоса является экситонной, на что указывает ее сравнительная узость, значительный низкочастотный сдвиг и уширение с ростом температуры за счет экситон-фононного взаимодействия. С-полосы широки, не испытывают заметного сдвига и уширения с ростом

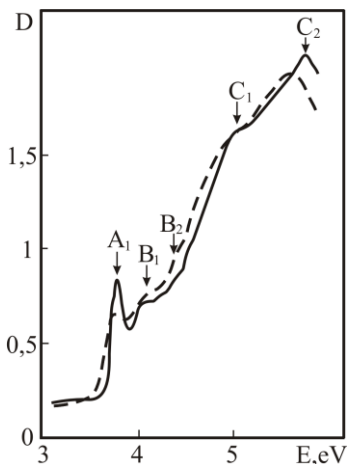


Рис.1.

Спектр поглощения  $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$ : сплошная –  $T=90\text{K}$ , пунктир –  $T=293\text{K}$ .

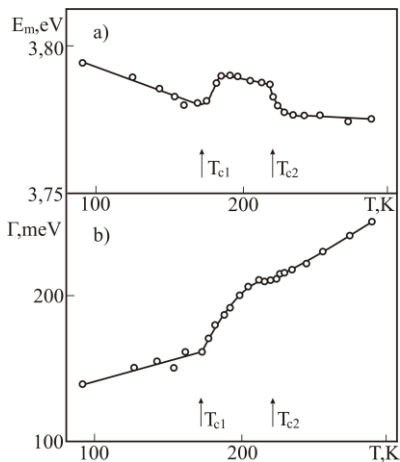


Рис.2.

Температурная зависимость спектрального положения  $E_m(T)$  (a) и полуширины  $\Gamma(T)$  (b)  $A_1$ -экситонной полосы в  $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$ .

температуры, что свидетельствует об их связи с междузонными переходами.

В результате компьютерной обработки спектров  $D(E)$  были определены спектральное положение  $E_m$  и полуширина  $\Gamma$  полосы.

Было обнаружено, что в области существования диэлектрической  $\gamma$ -фазы наблюдается низкочастотный сдвиг полосы по линейному закону (рис.2 а). Линейный участок зависимости простирается до температуры  $170\text{K}$ , близкой к температуре фазового  $\gamma \rightarrow \beta$  перехода.

В районе фазового  $\gamma \rightarrow \beta$  перехода ( $T=170\text{K}$ ) в небольшом температурном интервале около  $15\text{ K}$  для  $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$  наблюдается высокочастотный сдвиг  $A_1$ -полосы на  $14\text{ мэВ}$ . Очевидно, что сдвиг является свидетельством фазового перехода 1 рода. В районе  $\beta \rightarrow \alpha$  перехода ( $T_{c2}=220\text{K}$ ) наблюдается сдвиг полосы на  $12\text{ мэВ}$  в сторону низких частот.

Фазовые переходы определяют также сложную зависимость полуширины экситонной  $A_1$ -полосы от температуры. Для  $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$  в интервале  $90\text{--}170\text{K}$  ( $\gamma$ -фаза) полуширина растет по линейному закону с (рис.2б). В районе  $170\text{--}200\text{ K}$  наблюдается резкий рост  $\Gamma$  от  $160$  до  $200\text{ мэВ}$ .

Увеличение  $\Gamma$  при переходе в  $\beta$ -фазу, по-видимому, связано с генерацией большого числа дефектов Френкеля, сопровождающегося разупорядочением катионной Cu подрешетки. Разупорядочение решетки, приводит к флуктуациям внутреннего электрического поля и дополнительному рассеянию экситонов на флуктуациях поля. В интервале 200-230 К величина  $d\Gamma/dT$  уменьшается, что коррелирует с низкочастотным сдвигом  $E_m$  при  $T_{c2}$  и, по-видимому, связано с уменьшением объема при  $\beta \rightarrow \alpha$  - переходе 1 рода.

При  $T > T_{c2}$  ( $\alpha$  - фаза) полуширина растет по приблизительно линейному закону но величина  $d\Gamma/dT$  существенно больше, чем в районе  $\gamma$ -фазы. Рост  $\Gamma$  в районе  $\alpha$ -фазы мы связываем с температурной генерацией дефектов Френкеля, т.е. кроме фононной составляющей в зависимости  $\Gamma(T)$  вносит вклад компонента  $\Gamma_F(T)$ , определяемая рассеянием экситонов на кулоновских флуктуациях.

Таким образом полуширину экситонной полосы в суперионных проводниках можно представить выражением:  $\Gamma = \sqrt{\Gamma_{ph}^2 + \Gamma_F^2}$ , где  $\Gamma_{ph}$  – вклад в полуширину за счет экситон-фононного взаимодействия,  $\Gamma_F$  – за счет рассеяния экситонов на кулоновских флуктуациях, связанных с генерацией дефектов Френкеля.

Таким образом, в температурной зависимости спектрального положения и полуширины низкочастотной экситонной полосы соединений  $RbCu_4Cl_3I_2$  обнаружены особенности, связанные с фазовыми переходами  $\gamma \rightarrow \beta$  и  $\beta \rightarrow \alpha$  и с разупорядочением катионной подрешетки при переходе в суперионную  $\alpha$ -фазу. Температурное уширение экситонной полосы в диэлектрической  $\gamma$ -фазе  $RbCu_4Cl_3I_2$  определяется экситон-фононным взаимодействием. Переход в суперионную фазу сопровождается рождением значительного числа френелевских дефектов

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Geller S., Akridge J.R., Wilber S.A. Crystal structure and conductivity of the solid electrolyte  $\alpha$ - $RbCu_4Cl_3I_2$  // Phys.Rev.B.-1979.-v.19,N10-p.5396-5402.
2. Geller S., Ray A., Nag K. Electrical Conductivity and Phase Transitions of The Solids Electrolyte System  $(Cs_{1-y}Rb_y)Cu_4Cl_3(I_{2-x}Cl_x)$  //J.Solid State Chem.-1983.-v.48,-p.176-188.

# **ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ БЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.В. Кривко, А.И. Галка*

*Рук. доц. А.А. Рожков*

Известные методы передачи электрической энергии основаны на передаче активной мощности с помощью токов проводимости в замкнутой цепи. Электромагнитная энергия распространяется вдоль линий электропередач (ЛЭП) в виде бегущих волн электромагнитного поля или поля зарядов. Провода-линии, изготовленные из алюминия или меди, являются проводящими каналами (направляющими), вдоль которых движется поток электромагнитной энергии от генератора к приемнику энергии и обратно к генератору. Максимальная передаваемая мощность трехфазных ЛЭП ограничивается потерями на сопротивлении линии, максимальным напряжением, которое определяется электрической прочностью изоляции и электромагнитной устойчивостью линии. Современный подход к обеспечению электромагнитной устойчивости заключается в жестком регулировании параметров линии с помощью быстродействующих шунтовых реакторов и последовательной емкостной компенсации с целью исключения перетоков реактивной мощности и подавления резонансных свойств линии.

В работах Н.Тесла был предложен метод передачи активной мощности с помощью реактивного емкостного тока с использованием резонансных свойств однопроводной линии (ОЭС), изготовленной из металлического проводника. Цель настоящей работы - исследование возможности использования неметаллических проводящих сред для передачи электрической энергии.

Экспериментально доказано, что проводящие каналы из неметаллических материалов в ОЭС в резонансном режиме имеют квазисверхпроводящие свойства. Возможным объяснением этого эффекта являются отсутствие активного тока проводимости в канале и доминирующая роль в передаче энергии токов смещения, для которых закон Джоуля-Ленца не выполняется. В цепи питания трансформатора Тесла ток - практически реактивный, и в условиях резонанса действующие значения индуктивных и емкостных токов равны, а их векторы проти-

воположны по фазе. Ток высокочастотного преобразователя расходуется на потери в проводах цепи питания и сердечнике трансформатора Тесла, которые составляют менее 2% и на создание реактивного тока в проводящем канале. В режиме резонанса напряжений, действующие значения напряжений на индуктивности высоковольтных обмоток и проводящего канала, межвитковой емкости обмоток и емкости проводящего канала равны при противоположных фазах, а потери от прохождения емкостного зарядного тока через активное сопротивление проводящего канала ничтожно малы. Потери на корону и утечки токов могут быть снижены за счет изоляции проводящего канала. В этом случае активный ток и магнитное поле линии равны нулю, а электрическое поле линии имеет максимальное значение. Как и в обычных ЛЭП, максимальная передаваемая мощность ограничена зарядной мощностью линии. Угол между векторами напряжения в начале и в конце линии равен нулю. Добротность ОЭС при частоте 5 кГц в 100 раз выше обычных ЛЭП при частоте 50 Гц, что в условиях резонанса приводит к значительному увеличению напряжения и передаваемой мощности вдоль проводящего канала.

В обычных ЛЭП напряжение вдоль ЛЭП изменяется незначительно, а угол между векторами напряжений в начале и в конце ЛЭП составляет величину, пропорциональную волновой длине линии.

За пределами атмосферы в качестве проводящего канала предложено использовать релятивистские пучки электронов высоких энергий, которые в отличие от лазерных пучков не обладают расходимостью. При этом в качестве естественной емкости  $\epsilon_0$  может быть использована, например, Луна или искусственное проводящее тело, на котором установлен приемник энергии, а генератор энергии может быть на Земле или ее спутнике. Дальность передачи электрической энергии определяется длиной сформированного проводящего канала, а полная длина проводящего канала с учетом длины высоковольтных обмоток двух трансформаторов Тесла в начале и в конце должна быть равна целому числу полуволн. Электрическая энергия, передаваемая по проводящему каналу, в десятки и сотни тысяч раз может превышать энергию генераторов электронных и лазерных пучков, которые играют роль направляющей системы (проводов обычных ЛЭП), вдоль которых происходит передача электрической энергии.

Для передачи энергии с Космоса на Землю и обратно предложено использовать в качестве проводящих каналов встречные и пересекающиеся электронные и лазерные пучки с проводящими промежуточными телами, а на высотах, до 30 км композиционные углеродосо-



державшие и волоконно-оптические кабели. Для создания объединенной энергетической системы Земли в качестве проводящего сферического канала предложено использовать однопроводную энергетическую систему и проводящие слои в ионосфере Земли.

Таким образом, для передачи электрической энергии при частоте 1-25 кГц и выше в резонансном режиме может использоваться однопроводный канал из следующих неметаллических проводящих сред: воды, влажной земли, углепластика, окисных пленок, ионизированных воздушных каналов в атмосфере, созданных лазерными лучами, проводящих слоев в ионосфере, а также пучков релятивистских электронов за пределами атмосферы. Указанные неметаллические проводящие каналы в резонансном режиме имеют ничтожно малые потери на сопротивлении по сравнению с металлическими проводниками, используемыми в известных нерезонансных методах передачи энергии с помощью активных токов проводимости в замкнутой цепи. Электрическая энергия в резонансном режиме может передаваться с малыми потерями от генератора к приемнику, вдоль однопроводного канала из неметаллических проводящих материалов на частоте 1-25 кГц и выше на любое расстояние и в любом направлении относительно Земли. Передаваемая мощность ограничена, как и в обычных ЛЭП, зарядной мощностью линии и может достигать при больших напряжениях в импульсном и непрерывном режиме величины от 10Вт до  $10^9$ Вт.

## **НИКЕЛЬ-ВОДОРОДНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»***

***Ст.: А.В. Кривко, А.И. Галка***

***Рук. доц. А.А. Рожков***

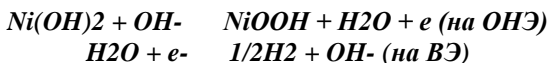
Никель-водородные аккумуляторы (НВА) и батареи предназначены, в основном, для бортовых систем электропитания космических аппаратов различного назначения. Это обусловлено тем, что НВА являются в настоящее время наиболее эффективными энергонакопителями, обеспечивающими длительную работу в полностью автономном режиме космического полета при воздействии всех факторов эксплуатации в космическом пространстве. В общем случае, батареи НВА весьма привлекательны в качестве концентраторов электроэнергии в

энергоустановках, преобразующих достаточно низкосортную первичную энергию (солнечную, ветровую, приливную и т.д.).

Никель-водородный аккумулятор впервые в мире изобретен в НИИАИ в 1964 году. Также впервые в мире экспериментальная никель-водородная батарея использована на борту космического аппарата в 1979 году. С 1982 года никель-водородные батареи начали широко эксплуатироваться в космических программах ГЕО-ИК, ГЛОНАСС, «Экран-М», «Глобус», «Стрела», «Фобос», «Марс-96». Батареи 24НВ-40, 28НВ-40, 21НВ-4 и некоторые другие успешно работали в составе более 200 космических аппаратов. Создание никель-водородных батарей для космических аппаратов отмечено в 1990 году Государственной премией СССР.

Никель-водородный аккумулятор представляет собой герметичный щелочной аккумулятор, сочетающий в себе традиционный оксидно-никелевый электрод (ОНЭ) и газовый водородный электрод (ВЭ).

Основные токообразующие реакции:



Суммарная реакция:



Электролитом в НВА является 20-40%-ный раствор КОН.

При заряде на ВЭ выделяется водород, который накапливается в свободном объеме аккумулятора, повышая его внутреннее давление. Причем это давление прямо пропорционально сообщенной зарядной емкости. При разряде водород электрокаталитически ионизируется на ВЭ и давление снижается.

Многолетний опыт проектирования, производства и эксплуатации НВА обобщен в написанной в НИИАИ монографии Б.И.Центера и Н.Ю.Лызлова «Металл-водородные электрохимические системы», Л., «Химия», 1989.

## ПРИЧИНЫ АВАРИИ НА АЭС В ЯПОНИИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Е.В. Бессонова, Е.А. Панченко  
Рук.: доц.А.Я. Дульфан, ст.пр. И.В. Галушак*

11 марта 2011 года сейсмические датчики АЭС «Фукусима-1» в префектуре Фукусима зарегистрировали первые свидетельства самого мощного землетрясения в новейшей истории Японии. Программа среагировала на сигналы и начала задвигать регулирующие стержни во все три реактора, которые работали на тот момент. Стержни уменьшили число нейтронов, порождаемых каждым радиоактивным распадом, и число новых распадов.

Через три минуты реакторы работали только на 10% своей мощности, через 6 минут — на 1%, а через десять минут первые три реактора АЭС перестали производить энергию. В результате каждого распада ядро урана-235 или плутония-239 разваливается на два других ядра и выделяет массу энергии. Энергия на единицу массы ядерного топлива примерно в миллион раз превосходит энергию от сгорания ископаемого топлива — поэтому ядерный распад такой многообещающий источник энергии. Продукты распада очень радиоактивны, но быстро распадаются дальше (в течение года около 80% продуктов распада становятся стабильными). Но в первые часы после остановки реактора они производят большое количества тепла — его нельзя отключить так, как выключают реакторы. Процесс должен закончиться сам по себе. По этой причине управление «теплотой радиоактивного распада» — один из важнейших аспектов безопасности ядерного реактора. Современные реакторы имеют множество систем охлаждения, у которых одна цель — удалять тепло от ядерного топлива. И пока реакторы «Фукусимы-1» охлаждались, ударило цунами.

Цунами разрушило запасные дизельные генераторы, которые питают насосы, заставляющие охлаждающую жидкость циркулировать по реактору. В отсутствие циркуляции температура стала подниматься, а вода — превращаться в пар, в результате чего выросло давление. Кипящие водо-водяные реакторы (в которых вода используется и для того, чтобы передать энергию от реактора дальше, и собственно для

охлаждения) для АЭС Фукусима разрабатывала General Electric. Они помещены в две защитные оболочки из армированного бетона, которые должны предотвратить утечку радиоактивных материалов. Вторичная оболочка («контейнмент») — это та прямоугольная конструкция, которую показывают в телевизионных новостях. На верхушке контейнмента находится стальная конструкция, к которой крепится кран для загрузки и выгрузки ядерного топлива.

Создатели реактора в Фукусиме-Дайити предвидели возможность повышения давления вокруг реактора. Но пока работало электроснабжение, насосы откачивали горячую жидкость от реактора в конденсатор. Отведение тепла могло продолжаться и дальше — но весь процесс был завязан на дизельные генераторы, разрушенные цунами.

Вода в реакторе может под действием радиации распадаться на водород и кислород. В штатной ситуации они попадают в рекомбинационную камеру, где из них вновь образуется вода. Но в первые часы после остановки реакторов водород накапливался и стал просачиваться под купол реактора. В какой-то момент его концентрация достигла такой величины, что он не мог не сдетонировать, — и сначала в первом, затем в третьем, а под конец и во втором блоке произошли взрывы, которые сорвали купола зданий. Сами контейнменты остались целы.

Вначале сохранялась надежда на спасение самих реакторов — с тем, чтобы они продолжали производить энергию после того, как все войдет в норму. Но надежда таяла, а температура росла, и операторы станции начали предпринимать меры, разрушительные для оборудования. Например, они начали охлаждать реакторы морской водой. Некоторое время еще будет необходимо активно охлаждать реакторы, но в течение нескольких месяцев давление внутри можно будет сбросить и посмотреть на состояние дел. Топливо могло оплавиться и быть повреждено.

Т.о. создатели АЭС не предполагали, что на несколько дней после аварии выключится электричество, питающее аварийные насосы. Они построили внушительный арсенал запасных насосов и генераторов, чтобы предупредить возможные проблемы. К сожалению, их разрушило цунами.

# НАДПРОВІДНІСТЬ

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Ст.: Е.Е. Дереза, Т.В. Захожаєва*

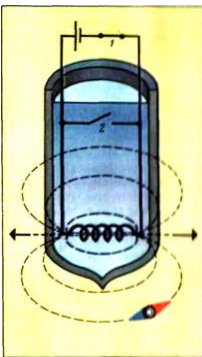
*Рук.: доц. Г.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фат'янова*

Поняття абсолютний нуль увійшло у фізику в середині минулого століття. Абсолютному нулю відповідає температура  $-273^{\circ}\text{C}$ . Будь-яку речовину до меншої температури охолодити не можливо, так як вона вже володіє найменшою можливою енергією, що не може бути забрана ні при якому охолодженні. Ще сто років тому вважали: абсолютний нуль - це смерть матерії. Але фізики одержали можливість працювати при наднизьких температурах і виявилось, що область поблизу абсолютного нуля не така уже й мертва. Саме тут розпочинається надпровідність. Надпровідність - здатність речовини пропускати електричний струм, не створюючи йому опору.

Класична теорія електромагнетизму добре пояснювала той факт, що опір електричного провідника зменшується разом з падінням температури. При абсолютному нулі передбачалося, що коливання припиняються. Однак невеликий опір струму все-таки залишається, тому що деякі електрони усе ще будуть зіштовхуватися з тепер уже нерухомою коміркою.

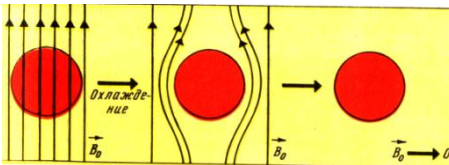
Ця модель тривалий час задовольняла фізиків. Відкриття Камерлінг-Оннеса в 1911 році показало її непридатність. Він заморозив ртуть і пропустив через неї струм. Опір ртуті зменшувався разом з температурою. Ртуть поводитися звичайним чином до тих пір, поки температура не досягла  $4,2\text{K}$ . Раптом електричний опір ртуті зник. Механізм явища надпровідності можна пояснити, виходячи з теорії БКШ: надпровідність виявляється в тих випадках, коли електрони в металі групуються в пари, що взаємодіють через кристалічну решітку. Вони тісно зв'язані між собою, так що розірвати пари і роз'єднати електрони надзвичайно важко. Такі могутні зв'язки дозволяють електронам рухатися без всякого опору крізь решітку кристала, допомагаючи один одному.

Камерлінг-Оннес в 1914 році запропонував наступний метод вимірювання опору. Котушку опускали в кріостат. Охолоджувана гелієм котушка знаходилася у



надпровідному стані. При цьому струм, що йшов по котушці, створював навколо неї магнітне поле, що виявлялося по відхиленню магнітної стрілки. Потім котушку відмикали від струму та закорочували. Стрілка компаса, однак, залишалася відхиленою, що вказувало на наявність струму в котушці. Як тільки котушку виймали з рідкого гелію, струм негайно припинявся. По результатам дослідів Оннес прийшов до висновку, що опір дротини згодом зменшиться в 1011 раз менше її опору в нормальному стані і струм згасав би декілька років. Як тільки пробували пропускати по надпровіднику значний струм, надпровідність зникала. Пізніше виявилось, що і слабе магнітне також знищує надпровідність.

У 1933 році німецькі фізики Мейснер і Оксенфельд вирішили експериментально перевірити, як саме розподіляється магнітне поле навколо надпровідника. Результат виявився несподіваним. Надпровідник переходить в стан, при якому магнітна індукція дорівнює нулю, тобто стан ідеального діамagnetизму. Це явище одержало назву ефекту Мейснера.



Отже, якщо надпровідний помістити в зовнішнє магнітне поле, то в поверхневому шарі металу виникнуть екрануючі струми, які створять всередині провідника магнітне поле, рівне і протилежне зовнішньому.

Магнітне поле виштовхується з металу, концентруючись на його периферії. Тут ми зустрічаємося з цікавим фактом. Як відомо, в замкнутому контурі струм з'являється тільки в тому випадку, коли електромагнітне поле змінюється в часі. У випадку ефекту Мейснера це поле постійне в часі.

Сьогодні надпровідність - це одна з найбільш досліджуваних областей фізики, явище, що відкриває перед інженерною практикою серйозні перспективи. Одне з головних застосувань надпровідників пов'язано з одержанням дуже сильних магнітних полів. Надпровідні соленоїди дозволяють одержувати однорідні магнітні поля напруженістю понад 107 А/м, що в рази вище ніж в електромагнітах із залізними сердечниками. При цьому, у надпровідних магнітних системах циркулює незатухаючий струм, тому не потрібне зовнішнє джерело живлення. Перспективне використання надпровідних магнітних систем для утримання плазми в реакторах термоядерного синтезу. Принцип механічного виштовхування надпровідників з магнітного поля покладено в основу створення надшвидкісного залізничного транспорту на "магнітній подушці". Можна назвати ще дуже багато приладів де вико-

ристовується явище надпровідності. Але найцікавішим є те , що коло цих приладів безупинно розширюється.

## О МАГНИТНОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Г. Коленова, С. Серебренников*

*Рук. доц. Т.Н. Шелест*

Огромный вклад в изучение радиоактивности и открытие радиоактивных элементов внесла Мария Склодовская, она же Мари Кюри, – ученая, дважды Нобелевский лауреат (по физике и по химии), создатель институтов и лабораторий, член 85 научных обществ всего мира, обладатель 20 почетных степеней, дочь, жена и мать физиков. Без преувеличения, самая известная женщина двадцатого века.

Мария Склодовская-Кюри родилась в Варшаве 7 ноября 1867 года. В 11 лет Марыся осталась без матери. Педагоги отмечали необыкновенный талант ученицы в точных науках, но о дальнейшей учёбе только можно было мечтать. Ни одно высшее учебное заведение Восточной Европы не принимало в то время женщин. Такую возможность предоставлял только либеральный Париж. Однако отец-учитель не мог оплатить со своей скудной зарплаты пребывание дочек во Франции. И тогда Мария заключила со старшей сестрой Брониславой договор: четыре года я работаю гувернанткой и высылаю тебе деньги, чтобы ты смогла окончить отделение медицины в Сорбонне. В свою очередь, Бронислава обязалась содержать после своей учёбы Марию.

В 24 года Мария Склодовская сдала вступительные экзамены на отделение физики и химии Сорбонны, доказав потом, что никто из ровесников не сможет угнаться за ней.

Появление Марии в научной среде обернулось прежде неизвестными проблемами. Мужчины, открывая гениальность женщины, необыкновенно легко влюблялись в неё. Не устоял и талантливый Пьер Кюри, давший обет ради науки не жениться, но... Когда его кандидатуру выдвинули на соискание Нобелевской премии, он заявил Шведской королевской академии наук: соглашусь с этим, если будет внесена и кандидатура моей помощницы, одновременно жены. И ультиматум был принят.

В 1896-м, Анри Беккерель впервые наблюдал излучение, которое испускают соединения урана. Очарованная Мари избрала это явление темой для своей докторской работы, назвав его позже радиоактив-



ностью (от латинского *radio* – излучаю). Мари через несколько месяцев после начала работы предположила в наиболее активном материале опытов – урановой смоляной обманке – наличие чрезвычайно радиоактивного элемента, которого не значилось в периодической таблице. Чтобы выделить элемент в чистом виде, потребовалась помощь мужа: работая в сарае с тоннами урановой руды, которую обрабатывали в больших чанах кислотами и сероводородом, проводя анализы в непригодной лаборатории Муниципальной школы, супруги выяснили, что из всех полученных и исследованных лишь два соединения с висмутом и барием содержат один или несколько ранее неизвестных элементов. В июле и декабре 1898 года Мария и Пьер Кюри объявили об открытии двух новых элементов, назвав их радием и полонием (в честь Польши – родины Марии). Экстрагировать сами элементы еще не удавалось: по самым осторожным прогнозам, вещества, которые им предстоит найти, составляют одну миллионную часть от начального объема урановой руды. Присутствие радия и полония обозначили специфические реакции, но самих элементов ученому сообществу Мари и Пьер не могли предъявить. Лишь в 1902 году Кюри удалось получить один дециграмм хлорида радия из нескольких тонн урановой смоляной обманки.

Фантастическое вещество светилось и выделяло тепло. В следующем году Мари окончила и защитила докторскую диссертацию «Исследования радиоактивных веществ». В конце года Нобелевский комитет принял решение о вручении премии по физике Беккерелю и супругам Кюри «в знак признания... их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем». Мария Склодовская-Кюри стала первой женщиной, удостоенной Нобелевской премии. Но супруги «никак не могли ни отлучиться из Парижа в декабре, в разгар семестра, ни покинуть текущие эксперименты». На самом же деле и Мария, и Пьер Кюри были больны и не могли ехать в Стокгольм на церемонию вручения премии. Они получили ее летом следующего года за то, что ими «найден новый источник энергии, полное истолкование которого еще впереди». В нобелевской лекции супруги озвучили необходимость создания целого Радиевого института для изучения проблем радиоактивности.

В 1904 году премиальные 70 тысяч франков впервые дали Мари и Пьеру Кюри возможность создания собственной лаборатории с профессиональным оборудованием и найма пары лаборантов. Помимо этого ученая позволила себе маленькую роскошь: наконец-то полностью модернизированную ванную комнату. Кристалл радия она долго

носила на груди – на удачу. Э.Резерфорд и Ф.Содди предположили, что радиоактивное излучение возникает в результате распада атомных ядер и радиоактивные элементы претерпевают трансмутацию (радий, незримо распадаясь, непрерывно выделяет гелий). Мари Кюри – наивысший авторитет в этой области – в результате продолжительных раздумий (ведь ее опыты доказывали лишь распад полония, который априори вел себя «нетипично») ввела в обиход эти еще недавно алхимические термины – «распад», «эманация» и «трансмутация». В 1910 году Мари выделила радий в чистом металлическом виде и изготовила для Международного бюро мер и весов первый эталон – чистый образец хлорида радия, с которым надлежало сравнивать все остальные источники. Новый химический элемент с атомным весом 226 увенчал двенадцатилетние усилия. Через несколько месяцев Шведская королевская академия наук присудила Кюри Нобелевскую премию по химии «за выдающиеся заслуги в развитии химии: открытие элементов радия и полония, выделение радия и изучение природы и соединений этого замечательного элемента Кюри стала первым дважды лауреатом Нобелевской премии и до сих пор остается единственной женщиной, чьи заслуги перед человечеством дважды оценивались столь высоко. Терапевтическое значение радия было признано почти сразу, и цены на радиевые источники резко поднялись. Однако Кюри отказались патентовать экстракционный процесс и использовать результаты своих исследований в любых коммерческих целях. По их мнению, извлечение коммерческих выгод не соответствовало духу науки, идее свободного доступа к знанию.

В Париже учредили Радиевый институт для исследований радиоактивности. Мадам Кюри была назначена директором отделения фундаментальных исследований и медицинского применения радиоактивности, чья деятельность вскоре станет поистине незаменимой в Европе. В Первую мировую войну Мария Склодовская-Кюри прославилась как организатор радиологических поездов, благодаря которым удалось спасти на фронтах тысячи солдатских жизней.

В 1934 году пани Мария скончалась от лучевой болезни. Её лабораторные тетради до сих пор сохраняют высокий уровень радиации. Своим последователям, «влюбленным в физику», она успела оставить завещание, изданное через год после ее кончины, называющееся одним лучезарным словом: радиоактивность. В то время учёные ещё не оценивали в полной мере опасности радиоактивного излучения. Польский сейм объявил наступивший 2011 год Годом Марии Склодовской-Кюри. В программе Года Марии Склодовской-Кюри – уже около 100 мероприятий. В конце января состоится торжественное открытие Года в парижской Сорбонне.

## О РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Г.А. Кулинич, С.А. Серебренников*

*Рук. доц. Т.Н. Шелест*

Радиоактивность (от лат. radio – излучаю, radius – луч и activus – действенный), самопроизвольное (спонтанное) превращение неустойчивого изотопа химического элемента в другой изотоп (обычно – изотоп другого элемента). Сущность явления радиоактивности состоит в самопроизвольном изменении состава атомного ядра, находящегося в основном состоянии либо в возбуждённом долгоживущем (метастабильном) состоянии. Такие превращения сопровождаются испусканием ядрами элементарных частиц либо других ядер, например ядер He ( $\alpha$ -частиц). Все известные типы радиоактивных превращений являются следствием фундаментальных взаимодействий микромира: сильных взаимодействий (ядерные силы) или слабых взаимодействий. Первые ответственны за превращения, сопровождающиеся испусканием ядерных частиц, например  $\alpha$ -частиц, протонов или осколков деления ядер: вторые проявляются в  $\beta$ -распаде ядер. Электромагнитные взаимодействия ответственны за квантовые переходы между различными состояниями одного и того же ядра, которые сопровождаются испусканием гамма-излучения. Эти переходы не связаны с изменениями состава ядер и поэтому, согласно современной классификации, не принадлежат к числу радиоактивных превращений. Понятие "радиоактивность" распространяют также на  $\beta$ -распад нейтронов.

Радий – элемент главной подгруппы второй группы, седьмого периода периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева, с атомным номером 88. Обозначается символом Ra (лат. Radium). Простое вещество радий – блестящий щёлочноземельный металл серебристо-белого цвета, быстро тускнеющий на воздухе. Обладает высокой химической активностью. Радиоактивен; наиболее устойчив нуклид  $^{226}\text{Ra}$  (период полураспада около 1600 лет). Радий довольно редок. За прошедшее с момента его открытия время – более столетия – во всём мире удалось добыть всего только 1,5 кг чистого радия. Одна тонна урановой смолки, из которой супруги Кюри получили радий, содержит лишь около 0,0001 г радия-226. Весь природный радий является радиогенным – возникает при распаде урана-238, урана-235 или тория-232; из четырёх найденных в природе наиболее рас-

пространённым и долгоживущим изотопом (период полураспада 1602 года) является радий-226, входящий в радиоактивный ряд урана-238. На каждые три миллиона атомов урана в природе приходится лишь один атом радия.

В настоящее время радий иногда используют в компактных источниках нейтронов, для этого небольшие его количества сплавляются с бериллием. Радий применяют для кратковременного облучения при лечении злокачественных заболеваний кожи, слизистой оболочки носа, мочеполового тракта.

Полоний (лат. Polonium; обозначается символом Po) – химический элемент с атомным номером 84 в периодической системе, радиоактивный полуметалл серебристо-белого цвета. Не имеет стабильных изотопов. Полоний часто применялся раньше (иногда и в настоящее время) для ионизации газов (в частности воздуха). Важной областью применения полония является его использование в виде сплавов со свинцом, иттрием или самостоятельно для производства мощных и весьма компактных источников тепла для автономных установок, например космических. Один кубический сантиметр полония-210 выделяет около 1320 Вт тепла. Эта мощность весьма велика, она легко приводит полоний в расплавленное состояние, поэтому его сплавляют, например, со свинцом. Хотя эти сплавы имеют заметно меньшую энергоплотность (150 Вт/см<sup>3</sup>), тем не менее они более удобны к применению и безопасны, так как полоний-210 испускает альфа-частицы, проникающая способность и длина пробега которых минимальны. Например, у советского лунохода для обогрева приборного отсека применялся полониевый обогреватель. Полоний-210 высокотоксичен, имеет период полураспада 138 дней и 9 часов. Его удельная активность (166 ТБк/г) настолько велика, что, хотя он излучает только альфа-частицы, брать его руками нельзя, результатом будет лучевое поражение кожи и, возможно, всего организма: полоний довольно легко проникает внутрь сквозь кожные покровы. Он опасен и на расстоянии, превышающем длину пробега альфа-частиц. Поэтому работают с полонием-210 лишь в герметичных боксах. Полоний-210 в небольших количествах находится в природе, и накапливается табаком, вследствие чего является одним из заметных факторов, который наносит вред здоровью курильщика. Другие природные изотопы полония распадаются очень быстро, поэтому не успевают накапливаться в табаке.

Более долгоживущие полоний-208 (и полоний-209) обладают несколько меньшей радиотоксичностью на единицу веса, обратно пропорционально периоду полураспада. Сведений о радиотоксичности других, короткоживущих изотопов полония мало.

# **НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ РАЗБРЫЗГИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ЗАЭС**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.И. Кочерга, Н.Н. Кругол*

*Рук. ст. пр. В.И. Ушаков*

1. В настоящее время охлаждение оборотной воды в брызгальных бассейнах охладителях (БО) ТЭС или АЭС обеспечивается процессами тепломассообмена в парогазовой среде капельного потока и является основным процессом, лимитирующим эффективность этих установок (теплопередача жидкость - воздух, фазовый переход жидкость – пар). Капельный поток воды создается путем применения центробежных сопл, например ЦО-85.

2. Предлагается увеличить эффективность работы БО модернизацией центробежных сопл ЦО-85 без изменения компоновки БО за счет использования в разбрызгивающих устройствах:

2.1. Эффекта Ранка-Хилша при вихревом разделении жидкости по температуре, при котором внешний вихревой слой воды нагревается, а внутренний обратный вихревой слой воды охлаждается.

2.2. Эффекта кавитации при вихревом движении жидкости, при котором происходит нагрев воды за счет возникновения и схлопывания кавитационных пузырьков с последующим ее дополнительным охлаждением в результате обратного фазового перехода после выхода из центробежного сопла через некоторое время релаксации.

3. Конструктивные изменения сопла ЦО-85 предусматривают увеличение закрутки потока, времени взаимодействия прямого и обратного вихревых потоков, создания условий возникновения кавитации.

Центробежное разбрызгивающее устройство работает следующим образом. Жидкость под давлением по входному патрубку 1 тангенциально поступает во внутреннюю полость цилиндрической камеры закручивания 2, что позволяет формировать в ней закрученный ограниченный поток жидкости с развитой турбулентностью.

Затем поток переходит в коническую камеру 3, где происходит более интенсивное формирование турбулентности закрученного ограниченного потока, часть которого проходит по периферии конической

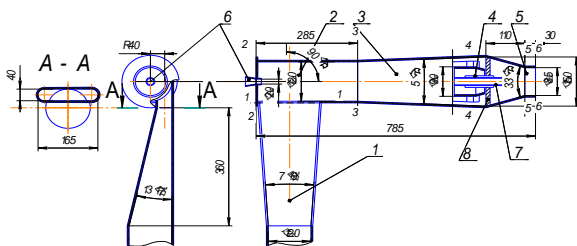


Рис.1. Модернизированное сопло ЦКО-85 ( $A=1.15$  и  $\mu=0.45$ )

с конической камерой закручивания (3), отражателем (4), входным патрубком (1), соплом (5), цилиндрической камерой ввода воды (2) и конической диафрагмой (6).

камеры закручивания 3 без взаимодействия с тормозным устройством – развихрителем потока 4 и через переходной конус отводится из центробежного разбрызгивающего устройства через выходное отверстие (сопло) 5. Другая часть закрученного потока захватывается радиальными лопастями тормозного устройства - развихрителя потока 4 и спрямляется, что приводит к резкому изменению скорости и давления потока жидкости и возникновению условий зарождения кавитационных пузырьков, образующих области с развитой границей раздела фаз газ-жидкость в потоке. Вследствие этого происходит дополнительный нагрев воды, из-за различия теплоемкостей области раздела фаз газ – жидкость (близка к теплоемкости льда) и необработанного потока жидкости (теплоемкость воды). Затем поток закручивается в первоначальном направлении закрутки на винтовой части лопастей тормозного устройства - развихрителя потока 4, смешивается с периферийным потоком в переходном конусе и отводится из центробежного разбрызгивающего устройства через выходное отверстие (сопло) 5 образуя факел разбрызгивания. Еще одна часть потока, в результате воздействия тормозного устройства - развихрителя потока 4, образует закрученный обратный поток, который выходит из осевого отверстия (диафрагмы) 6, который в результате действия эффекта Ранка-Хилша охлаждается ниже первоначальной, а прямой периферийный закрученный поток воды нагревается выше первоначальной, при этом сохраняется баланс тепла нагретой и охлажденной воды. В факеле разбрызгивания, за счет дополнительного нагрева воды в результате действия эффекта Ранка-Хилша и кавитационного эффекта происходит повышение эффективности охлаждения жидкости за счет интенсификации

процесса тепло – и массопереноса в парогазовой среде капельного потока с последующим дополнительным охлаждением воды при ее переходе в безкавитационное состояние после некоторого времени релаксации.

Перемещая тормозное устройство - развихритель потока 4, с помощью хвостовика 7, можно изменять результирующую площадь поперечного сечения перекрытия закрученного потока тормозным устройством - развихритель потока 4. Это позволяет менять соотношение объема закрученного и спрямленного потоков и изменять условия зарождения и развития кавитации в центробежном разбрызгивающем устройстве, что дает возможность задавать оптимальные технологические условия воздействия закрутки потока и кавитации на обрабатываемую жидкость.

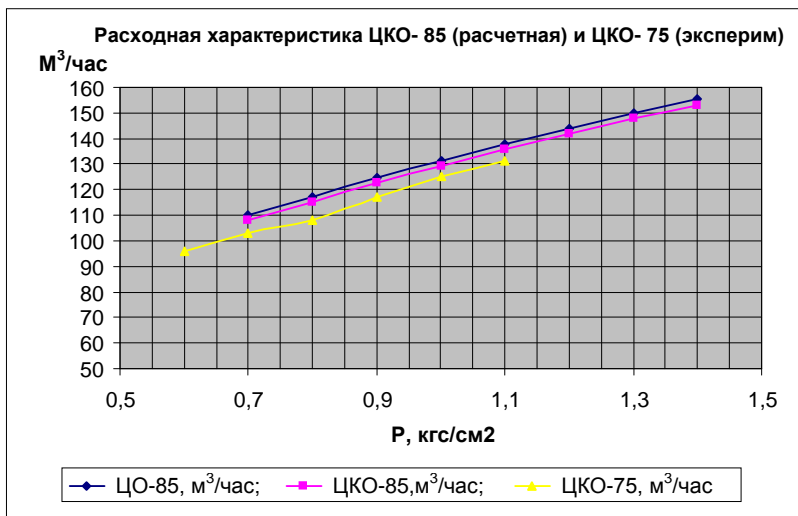
4. Натурные испытания центробежных разбрызгивающих устройств на ЗАЭС проводились для определения эффективности охлаждения оборотной воды с помощью модернизированных центробежных разбрызгивающих устройств ЦКО-85 и ЦКО-75 при заданных напорах воды перед устройством и при различных метеоусловиях, в сравнение с эффективностью охлаждения ЦО-85 и ЦО-75 при тех же условиях эксперимента.

В процессе испытаний производилась регистрация следующих параметров: давление воды; высота и диаметр факела разбрызгивания; температура воды на входе и выходе разбрызгивающего устройства и на выходе из диффузора; температуру воды факела разбрызгивания на уровне поверхности воды; температура и влажность воздуха; скорость ветра.

4.1. Измерение расхода ЦКО – 75 проводилось ультразвуковым расходомером, предоставленным Гидроцехом ЗАЭС, результаты, которых представлены в таблице

Таблица 1

ЦКО 75 м³/ча	Экс- пе	ЦК О85 м³/ч	Рас чет	ЦО- 85, м³/ч	Рас чет	$\Delta P$ , кгс/ см²
	96					0,6
	103	107,8		109,8		0,7
	108	115,3		117,36		0,8
	117	122,5		124,56		0,9
	125	129,3		131,4		1,0
	131	135,7		137,88		1,1
		141,8		144		1,2
		147,75		149,76		1,3
		152,9		155,52		1,4



5. Максимальная эффективность для ЦКО -85 наблюдается при снятом тормозном устройстве-отражателе (4) (см. рис.1), при этом в качестве тормозного устройства-отражателя работает крестообразный с 4-мя скошенными пластинами фиксатор (8), на котором часть закрученного потока воды отражается и образует закрученный обратный поток, который выходит из осевого отверстия диафрагмы (6) вниз в виде конического факела разбрызгивания. В результате действия эффекта Ранка-Хилша обратный закрученный поток охлаждается до  $24,7^{\circ}\text{C}$  (см. табл.2 опыт 4), что ниже на  $10,3^{\circ}\text{C}$  первоначальной температуры воды на входе равной  $35^{\circ}\text{C}$ . Прямой периферийный закрученный поток воды нагревается до  $35,2^{\circ}\text{C}$ , что выше первоначальной температуры воды на  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Проходя через выходное сопло (5), прямой периферийный закрученный поток воды образует факел разбрызгивания и охлаждается до температуры  $28,8^{\circ}\text{C}$  и перепад температур (осреднение по опытам 3,4 и 5 (см. табл.2)) составляет: на выходе из диафрагмы ( $25,6 - 35$ )  $^{\circ}\text{C} = - 9,4^{\circ}\text{C}$ , в факеле разбрызгивания на зеркале бассейна ( $28,8 - 35$ )  $^{\circ}\text{C} = - 6,2^{\circ}\text{C}$ , на выходе из сопла составляет ( $35,1 - 35$ )  $^{\circ}\text{C} = + 0,1^{\circ}\text{C}$ .

При сохранении баланса тепла нагретой и охлажденной воды внутри разбрызгивающего устройства можно полагать увеличение эффективности охлаждения из-за того, что мы имеем открытую систему, и дополнительное тепло будет сброшено из факела разбрызгивания в воздух.



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЛЬФРАМА

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст. А. Косоруков*

*Рук.: асс. А.Н. Андреев, асс. О.Н. Андреева*

Одним из видов электромагнитного излучения является тепловое, которое происходит за счет внутренней энергии вещества. Тепловое излучение свойственно всем телам при любой температуре и является единственным излучением, которое может находиться в состоянии термодинамическом равновесии.

Среди многообразия тел особое место занимает такое, поглощательная способность которого для всех длин волн при любой температуре равна единице:  $\xi_{\lambda, T} = 1$ . Его называют абсолютно черным телом (АЧТ).

Одним из основных законов излучения АЧТ является закон Стефана – Больцмана:

$$R^* = \sigma T^4, \quad (1)$$

где  $R^*$  – энергетическая светимость;  $T$  – температура АЧТ;  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>) – постоянная Стефана – Больцмана.

Любое реальное тело, не только поглощает и излучает, но так же отражает и пропускает электромагнитное излучение. Поэтому для реальных непрозрачных тел, в том числе металлов, согласно закону Кирхгофа спектральная плотность энергетической светимости представляет собой произведение функции Кирхгофа (спектральной плотности энергетической светимости АЧТ)  $R^*_{\lambda, T}$  и функции, характеризующей поглощательную способность тела  $\xi_{\lambda, T}$ :

$$R_{\lambda, T} = \xi_{\lambda, T} R^*_{\lambda, T}, \quad (2)$$

Величину  $\xi$  называют спетенью черноты тела. Для некоторых тел она не зависит от длины волны. Такие тела называются серыми. Иногда  $\xi$  оказывается постоянной величиной в определенном спектральном или температурном интервале.

Для серых тел закон Стефана – Больцмана принимает следующий вид:

$$R = bT^n, \quad (3)$$

где  $b$ ,  $n$  – коэффициенты (различны для разных тел и изменяются с температурой);  $T$  – температура тела.

Из большинства серых тел наибольший практический интерес представляют металлы, так как они широко используются в качестве искусственных тепловых источников света и нагревать их до различных температур можно путем пропускания через них электрического тока.

Экспериментально установлено, что энергетическая светимость металлов:

$$R = \xi T \sigma T^4 = 1 - e^{-\beta T} \sigma T^4 \quad (4)$$

где  $\beta$  – коэффициент, зависящий от рода металла.

При  $\beta T < 1$  можно приближенно считать  $1 - e^{-\beta T} \approx \beta T$ , тогда соотношение (4) становится аналогичным (3):

$$R = \beta T \sigma T^4 = bT^5 \quad (5)$$

Поэтому целью данной работы является проверка выражения (5) путем определения коэффициентов  $b$  и  $n$  для вольфрамовой спирали с помощью дистанционного метода определения температуры тела.

### **Описание установки и методики измерений.**

Метод дистанционного определения температуры нагретого тела основывается на сравнении его яркости излучения с излучением АЧТ в узком спектральном диапазоне. Экспериментальная установка состоит из лампы с вольфрамовой нитью накала, пирометра, вольтметра, амперметра и источника тока с реостатом (рис. 1.). Для измерения температуры вольфрама применяется пирометр с исчезающей нитью ОПИР – 017.

Пирометр состоит из зрительной трубы 2, вблизи фокуса, которой находится нить накаливания эталонной лампочки 4. Труба наводится на источник излучения 1 (вольфрамовая спираль лампы накаливания). При помощи объектива трубы изображение спирали проектируется на плоскость нити лампочки пирометра. Вторая линза, помещенная в окуляре трубы 7, дает увеличенное изображение нити лампочки пирометра и поверхности раскаленной спирали лампы накаливания. Лампочка пирометра 4 питается током от источника постоянно-

го стабилизированного напряжения ИП. Для ослабления яркости раскаленных тел, используется дымчатый поглощающий фильтр 3. Накал нити лампочки пирометра регулируется реостатом 5 посредством кольца 6, находящегося в передней части трубы 7 пирометра. Измерения проводятся в узкой области спектра ( $\lambda = 660 \text{ нм}$ ), поэтому в трубу окуляра 7 вводят красный светофильтр 8. Регулируя реостатом 5 величину тока в лампочке пирометра 4, можно добиться исчезновения видимости части ее подковообразной нити на фоне спирали лампы накаливания. В этом случае яркости нити пирометра и исследуемой спирали станут одинаковыми. По встроенному вольтметру, включенному параллельно эталонной лампочке, со шкалой, отградуированной в градусах Цельсия, определяется яркостная температура  $T_y$  спирали.

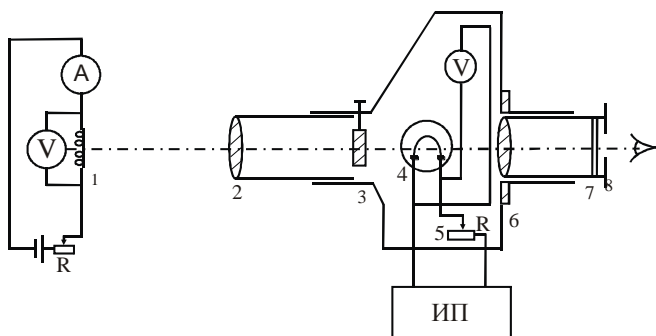


Рис.1. Экспериментальная установка

Под яркостной температурой понимается такая температура АЧТ, при которой его спектральная плотность энергетической светимости для определенной длины волны равна спектральной плотности энергетической светимости рассматриваемого тела:

$$R^*_{\lambda, T_y} = R_{\lambda, T} \quad (6)$$

Найдем связь между истинной и яркостной температурами подставив формулу Планка в закон Кирхгофа (2):

$$\xi_{\lambda, T} = \frac{R^* \lambda, T_{\lambda}}{R^* \lambda, T} = \frac{e^{\frac{T_*}{T}} - 1}{e^{\frac{T_*}{T_{\lambda}}} - 1} = \xi, \quad (7)$$

где  $T_* = \frac{hc}{k\lambda} = 2,2 \cdot 10^4 \text{ } \hat{E}$  - характеристическая температура соответствующая максимальной температуре, измеряемой пирометром ( $h$  – постоянная Планка;  $\tilde{n}$  – скорость света;  $k$  – постоянная Больцмана);  $\xi = 0,43$  для вольфрама в видимой области спектра.

Учитывая, что для исследуемого диапазона температур

$e^{\left(\frac{T_*}{T}\right)} \gg 1$  и  $e^{\left(\frac{T_*}{T_{\lambda}}\right)} \gg 1$ , получаем:

$$\xi \approx \exp \left[ T_* \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\lambda}} \right) \right]. \quad (8)$$

Выполняя преобразование, находим истинную температуру вольфрама:

$$T = \frac{T_* \cdot T_{\lambda}}{T_{\lambda} \ln \xi + T_*}. \quad (9)$$

Мощность  $P$ , затрачиваемую на поддержание вольфрамовой спирали в накаливаемом состоянии, определяют из показаний амперметра и вольтметра. Приравнявая эту мощность количеству энергии  $\Phi = RS$ , ( $R$  – энергетическая светимость вольфрама) теряемой спиралью за секунду в соответствии с законом Стефана–Больцмана для серого тела получаем:

$$\Phi = P = bST^n, \quad (10)$$

где  $S$  – площадь излучающей поверхности;  $\Phi = kIU$  ( $k = 0,92$  – коэффициент, учитывающий потери на теплопроводность;  $I$  – сила тока;  $U$  – напряжение на лампе).

Для определения коэффициентов  $b$  и  $n$  прологорифмируем выражение (10):

$$\lg P = \lg(bS) + n \lg T. \quad (11)$$

Из (11) видно, что если построить график зависимости  $\lg P$  от  $\lg T$ , получим прямую линию, по которой с помощью метода наименьших квадратов можно вычислить  $b$  и  $n$ .

Кроме того, зная напряжение и ток лампы накаливания, а также температуру вольфрама можно графическим способом определить его температурный коэффициент сопротивления  $\alpha$ . Для этого необходимо построить зависимость сопротивления  $R$  от температуры  $t$  в градусах Цельсия. Выполняя линейную аппроксимацию  $R$   $t$  и сопоставляя полученные данные с известным соотношением

$$R = R_0(1 + \alpha t) \quad (12)$$

находим температурный коэффициент сопротивления вольфрама и значение сопротивления  $R_0$  нити накаливания при  $0^\circ\text{C}$ .

### Результаты и обработка измерений.

I, А	U, В	R, Ом	P, Вт	$T_n$ , К	T, К	lg P	lg T
3,50	2,6	0,74	8,76	1283	1349	0,93	3,13
3,75	3,0	0,80	10,46	1383	1460	1,02	3,16
4,00	3,4	0,85	12,65	1443	1527	1,10	3,18
4,50	4,2	0,93	17,58	1503	1594	1,25	3,20
4,75	4,6	0,97	20,32	1543	1639	1,31	3,22
5,00	5,0	1,00	23,25	1583	1684	1,37	3,23

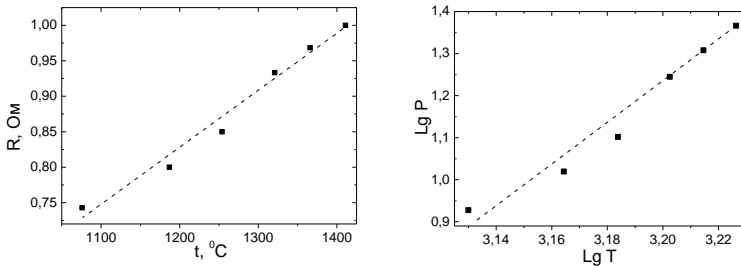


Рис. 2. Линейная аппроксимация экспериментальных зависимостей

Результаты аппроксимации:

$$n = 4.77 \pm 0.45; \quad b = 1.48 \pm 0.17 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^5};$$

$$\alpha = 5.6 \pm 0.4 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}; \quad R_0 = 0.144 \pm 0.08 \text{ Ом}$$

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ И МАГНИТНОГО МОМЕНТА МАГНИТА МЕТОДОМ ГАУССА

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст.: М.П. Горбатенков, Б.В. Мазуркевич,*

*С.В. Сапрошин*

*Рук.: асс. А.Н. Андреев, асс. О.Н. Андреева*

Гаусс предложил определять горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли и магнитный момент магнита путем измерения периода крутильных колебаний магнита в магнитном поле Земли и сравнения магнитного поля магнита с горизонтальной составляющей магнитного поля Земли по их действию на стрелку компаса.

**Теория.** Магнитный момент  $\vec{p}_m$  магнита – это вектор, направленный от южного полюса магнита (S) к северному (N). Он зависит от размеров и степени намагниченности постоянного магнита. Если в однородное магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$  поместить магнит, то на него, как на контур с током, будет действовать вращающий момент:

$$M = p_m B \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{p}_m$  и  $\vec{B}$ .

Для определения магнитного момента необходимо измерить период колебаний магнита в магнитном поле Земли. Магнит подвешивается на длинной нити так, чтобы он мог свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр масс (рис. 1). Уравнение движения магнита согласно основному закону динамики вращательного движения будет:

$$M = J \varepsilon, \quad (2)$$

где  $J = \frac{m}{12} l^2 + d^2$  – момент инерции

цилиндрического магнита относительно оси проходящей через центр масс перпендикулярно его длине  $l$  ( $m$  – масса магнита;  $d$  – диаметр магнита);  $\varepsilon$  – угловое ускорение магнита.

Учитывая соотношение (1), а также что

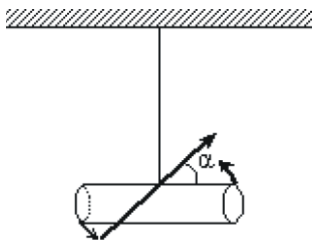


Рис.1

при малых углах отклонения  $\sin\alpha \approx \alpha$ , получаем:

$$p_m B \alpha = -J \varepsilon. \quad (3)$$

Знак “минус” означает, что угловое ускорение по направлению противоположно углу отклонения. Подставляем в формулу (3) угловое ускорение  $\varepsilon = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$ :

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{p_m B}{J} \alpha = 0. \quad (4)$$

Данное уравнение описывает гармоническое колебание, частота которого согласно теории колебаний:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{p_m B}{J}}. \quad (5)$$

Тогда период колебаний магнита:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{p_m B}}, \quad (6)$$

где  $B$  – горизонтальная составляющая индукции магнитного поля Земли. Выражение (6) содержит произведение двух неизвестных величин  $p_m B$ . Чтобы их независимо определить, необходимо получить второе уравнение. Для этой цели используется компас, постоянный магнит и линейка.

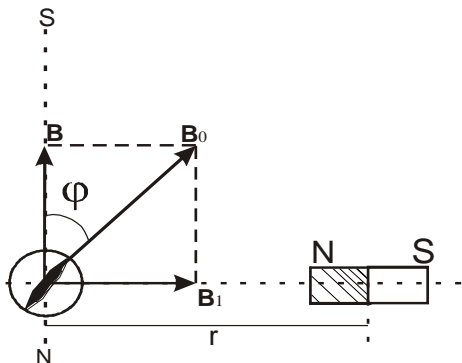


Рис. 2

Известно, что в отсутствие посторонних источников магнитного поля стрелка компаса устанавливается под влиянием земного магнитного поля в плоскости магнитного меридиана (направление приблизительно с юга на север). Линейку расположим перпендикулярно к плоскости магнитного меридиана и поместим на неё магнит. Под действием поля магнита стрелка

компаса ориентируется по направлению равнодействующей поля  $\vec{B}_0$  (рис. 2). Будем считать, что поле магнита однородно, поскольку он

находится на значительном расстоянии от компаса, а его индукция  $\vec{B}_1$  перпендикулярна горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли  $\vec{B}$ . Тогда согласно рис.1:

$$B_1 = B \operatorname{tg} \varphi, \quad (7)$$

где  $\varphi$  – угол отклонения стрелки компаса от магнитного меридиана.

Поле магнита (диполя) на его оси по аналогии с полем электрического диполя:

$$B_1 = \frac{\mu_0 p_m}{2\pi r^3}, \quad (8)$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная;  $r$  – расстояние от центра масс магнита до центра стрелки компаса.

Подставляя (8) в (7), получаем:

$$\frac{p_m}{B} = \frac{2\pi r^3 \operatorname{tg} \varphi}{\mu_0}. \quad (9)$$

Решая совместно уравнения (6) и (9) относительно  $B$  и  $p_m$ , находим:

$$p_m = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{8\pi^3 J r^3 \operatorname{tg} \varphi}{\mu_0}} \quad (10)$$

$$B = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{2\pi\mu_0 J}{r^3 \operatorname{tg} \varphi}} \quad (11)$$

Используя связь между индукцией и напряженностью магнитного поля, окончательно получаем:

$$H = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{2\pi J}{r^3 \operatorname{tg} \varphi \mu_0}} \quad (12)$$

**Методика измерения и результаты.** Подвешиваем магнит так, чтобы он принял горизонтальное положение, и даем ему установиться в положении равновесия. Отклоняем магнит в горизонтальной плоскости на малый угол и наблюдаем крутильные колебания. В момент наибольшего отклонения магнита включаем секундомер и измеряем время 20 полных колебаний. Опыт повторяем 3 раза. Далее рассчитываем период колебаний магнита и его среднее значение. Полученные данные измерений и расчета заносим в таблицу № 1.

Выставляем нулевые деления круговой шкалы компаса и располагаем, так что бы его стрелка установилась перпендикулярно ли-



нейке. Помещаем магнит на линейку и измеряем расстояние  $r$  от стрелки компаса до центра масс магнита, одновременно определяем угол отклонения стрелки компаса от плоскости магнитного меридиана  $\varphi_1$ . Уменьшая расстояние между магнитом и компасом, измеряем  $\varphi_1$  (опыт повторяем 5 раз).

Таблица №1

n	t, с	T, с	<T>, с
1	43,5	2,18	2,16
2	44,2	2,21	
3	41,7	2,09	

Чтобы устранить ошибку, зависящую от несовпадения магнитной оси компаса с ее геометрической осью, угол отсчитывают от обоих концов стрелки. Для исключения ошибки на неточность установления компаса магнит поворачиваем около вертикальной оси на  $180^\circ$  (меняем полюса местами) и повторяем опыт, измеряя угол  $\varphi_2$  для тех же  $r$ . По полученным данным рассчитываем средний угол. С помощью штангенциркуля измеряем длину и диаметр магнита. Зная массу магнита, рассчитываем его момент инерции. Используя формулы (10) и (12) рассчитываем горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли и магнитный момент магнита. Результаты измерений и вычислений записываем в таблицу №2.

Таблица №2

n	r, см	φ, градусы			H, А/м	<H>, А/м	p <sub>m</sub> , А·м <sup>2</sup>	<p <sub>m2</sub>
		φ <sub>1</sub>	φ <sub>2</sub>	<φ>				
1	42	3	3	3	14,63	13,95	0,50	0,52
2	36	6	6	6	13,04		0,54	
3	31	9	9	9	13,29		0,56	
4	26	15	12	13,5	14,06		0,52	
5	21	21	24	22,5	14,74		0,50	

После расчета погрешности, получаем следующие значения:

$$H = 14,0 \pm 0,4 \frac{\text{А}}{\text{м}}; p_m = 0,52 \pm 0,02 \text{ А} \cdot \text{м}^2$$

#### Список литературы:

1. И. Е. Тамм. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1956. – 620 с.
2. С.Г. Калащников. Электричество. – М.: Наука, 1970. – 667 с.

# ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.П. Пугач*

*Рук. доц. Г.И. Копач*

В детстве, во время грозы меня часто увлекало такое прекрасное явление природы, как молния, разряды, идущие от неба к земле. В то время я еще не знал, что для того, чтобы произошел пробой такого воздушного пространства, нужно колоссальное количество энергии. Поэтому я начал изучать работы гениального изобретателя Николы Тесла, которого в истории физики по праву считают повелителем молний.

Никола Тесла родился 10 июля 1856 года в селе Смиляны (Хорватия), был четвёртым ребёнком в семье сербского православного священника. В июле 1873 года Никола получил аттестат зрелости, а в 1875 поступил в высшее техническое училище в Граце. Наблюдая за работой машины Грамма на лекциях по электротехнике, Тесла пришёл к мысли о несовершенстве машин постоянного тока. На втором курсе Пражского университета в 1880 году он выдвигает идею индукционного генератора переменного тока, однако профессор Яков Пешль подверг эту идею резкой критике, считая ее бредовой. Однако заключение профессора не сломило творческий дух Николо. В 1882 году была построена первая действующая модель индукционного генератора переменного тока. Горя желанием воплотить своё детище в реальной промышленной установке, Тесла уезжает в США и прямо с корабля направляется к Томасу Эдисону. Знаменитый учёный и изобретатель принял молодого эмигранта на работу в свою компанию в качестве инженера по ремонту электродвигателей и генераторов постоянного тока. Работая на Эдисона, Тесла не прекратил совершенствования своей системы переменного тока и в октябре 1887 года получил на неё патент. Эдисон довольно холодно воспринимал новые идеи Тесла, что привело к их соре и разрыву отношений. В апреле 1887 года Тесла при финансовой поддержке Джеймса Кармена открыл собственную фирму "Тесла Электрик Лайт Компани". А через год, 16 мая 1888 года Тесла сделал доклад и продемонстрировал своё изобретение в Американском институте инженеров-электриков. Выступление Тесла потрясло миллионера Джоржа Вестингауза. Он предложил изобретателю миллион долларов за его патенты плюс авторские отчисления. Был заключён договор, и компания "Вестингауз Электрик" реализовала разработки Теслы, построив ГЭС на Ниагарском водопаде. Тесла был величайшим изобретателем в истории, он открыл явление вращающегося магнитного поля, построил электрогенераторы высокой и сверхвысокой частот. В

1891 году создает резонансный трансформатор, позволяющий получать высокочастотное напряжение с амплитудой до нескольких миллионов вольт. В 1893 году Тесла построил первый волновой радиопередатчик, на годы опередив Маркони. Он осуществил беспроводную передачу энергии, впервые разработал принципы дистанционного управления, основы лечения токами высокой частоты, построил первые электрические часы, двигатель на солнечной энергии и многое другое, получив на свои изобретения 300 патентов в разных странах. Он изобрёл радио раньше Маркони и Попова, получил трёхфазный ток раньше Доливо-Добровольского. Вся современная электроэнергетика была бы невозможна без его открытий и изобретений.

Безусловно, самым знаменитым изобретением Николо Тесла является резонансный трансформатор, производящий высокочастотное высокое напряжение. Прибор был заявлен патентом США № 568176 от 22 сентября 1896 года, как «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала».

двух катушек — первичной и вторичной, разрядника, конденсатора, тороида (используется не всегда) и терминала. Первичная катушка обычно содержит несколько витков провода большого диаметра или медной трубки, а вторичная около 1000 витков провода меньшего диаметра. Первичная катушка может быть плоской (горизонтальной), конической или цилиндрической (вертикальной).

В отличие от обычных трансформаторов, здесь нет ферромагнитного сердечника. Таким образом, взаимдукция между двумя катушками гораздо меньше, чем у трансформаторов с ферромагнитным сердечником. Первичная катушка вместе с конденсатором образует колебательный контур, в который включён нелинейный элемент — разрядник. Разрядник, в простейшем случае обыкновенный газовый, представляет собой два массивных электрода с регулируемым зазором. Электроды должны быть устойчивы к протеканию больших токов через электрическую дугу между ними и иметь хорошее охлаждение. Вторичная катушка также образует колебательный контур, где роль конденсатора главным образом выполняют ёмкость тороида и собственная межвитковая ёмкость самой катушки. Вторичную обмотку часто покрывают слоем эпоксидной смолы или лака для предотвращения электрического пробоя.

Таким образом, трансформатор Тесла представляет собой два связанных колебательных контура, что и определяет его замечательные свойства и является главным его отличием от обычных трансформаторов. Для полноценной работы трансформатора эти два колебательных контура должны быть настроены на одну резонансную частоту. Обычно в процессе настройки подстраивают первичный контур под частоту вторичного путём изменения ёмкости конденсатора и числа витков первичной обмотки до получения максимального напряжения на выходе трансформатора.

Модификации трансформаторов Тесла

Во всех типах трансформаторов Тесла основной элемент трансформатора - первичный и вторичный контуры - остается неизменным. Однако одна из его частей - генератор высокочастотных колебаний может иметь различную конструкцию.

На данный момент существуют:

- SGTC (Spark Gap Tesla Coil) - классическая катушка Тесла - генератор колебаний выполнен на искровом промежутке (разряднике).

- VTTC (Vacuum Tube Tesla Coil) (рус. ЛКТ) - ламповая катушка Тесла. В ней в качестве генератора ВЧ колебаний используются электронные лампы.

- SSTC (Solid State Tesla Coil) - генератор выполнен на полупроводниках. Самая сложная из всех конструкций. Она включает в себя задающий генератор (с регулируемой частотой, формой, длительностью импульсов) и силовые ключи (мощные полевые MOSFET транзисторы). Однако данный вид катушек Тесла является самым интересным по нескольким причинам: изменяя тип сигнала на ключах, можно кардинально изменять внешний вид разряда. Также ВЧ сигнал генератора можно промодулировать звуковым сигналом, например музыкой - звук будет исходить из самого разряда. Впрочем, аудиомодуляция возможна (с небольшими доработками) и в VTTC. К прочим достоинствам можно отнести те же низкое питающее напряжение и отсутствие шума при работе.

#### Использование трансформатора Тесла

Выходное напряжение трансформатора Тесла может достигать нескольких миллионов вольт. Это напряжение в резонансной частоте способно создавать внушительные электрические разряды в воздухе, которые могут иметь многометровую длину. Эти явления очаровывают людей по разным причинам, поэтому трансформатор Тесла используется как декоративное изделие.

Трансформатор использовался Теслой для генерации и распространения электрических колебаний, направленных на управление устройствами на расстоянии без проводов (радиоуправление), беспроводной передачи данных (радио) и беспроводной передачи энергии. В начале XX века трансформатор Тесла также нашёл популярное использование в медицине. Пациентов обрабатывали слабыми высокочастотными токами, которые протекая по тонкому слою поверхности кожи не причиняли вреда внутренним органам (скин-эффект, Дарсонвализация).

#### Литература

[1] <http://flyback.org.ru/> форум по катушкам Тесла и другим высоковольтным устройствам

[2] <http://www.wikipedia.org/> Свободная энциклопедия

# ЯВЛЕНИЕ ОСМОСА И ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.Н. Резниченко  
Рук. доц. Г.И. Копач*

Известно, что в природе существуют материалы, которые не пропускают воду, например, стекло, или наоборот, пропускающие – ткани. Существуют материалы, пропускающие воду избирательно, то есть не пропускающие частичек, присутствующих в воде. Такие материалы называются полупропускающими мембранами. Без существования таких мембран не существовало бы биологической жизни на Земле. Из таких мембран построены клетки живых организмов. Процесс односторонней диффузии через полупропускающую мембрану молекул растворителя в сторону большей концентрации называется осмосом.[1].

Для более понятного представления о явлении осмоса рассмотрим приведенную ниже схему, которая и является моделью для данной работы.

Представим сосуд, разделенный полупропускающей мембраной: в части А сосуда содержится раствор соли с большей концентрацией, в части В - с меньшей (см. рисунок).



Что же происходит? Растворы стремятся к тому, чтобы перемешаться, то есть уравнивать концентрацию. Молекулы воды будут проникать через полупропускающую мембрану так долго, пока концентрация раствора соли не уравнивается в обеих частях сосуда. Молекулы соли не в состоянии проникнуть сквозь мембрану. Через некоторое время мы заметим различие в уровнях в частях А и В. Это объясняется тем, что разница в высоте уровней двух растворов разной концентрации пропорциональна силе, под действием которой вода проходит через мембрану.

Растворенное вещество как бы расширяется, стремясь занять весь доступный ему объем растворителя, совершенно так же, как расширяется газ, что бы занять весь предоставленный ему объем. [2]. Осмос, направленный внутрь ограниченного объема жидкости, называется эндосмосом, наружу — экзосмосом.

Первые опыты с осмосом принадлежат Ноле, дальнейшие исследования - Дютроше, Брюкке, Фирорту, Траубе. [1]

Во время процесса осмоса наблюдается влияние некоторой силы на полупропускающую мембрану. Она направлена от более разбавленного к более концентрированному веществу и называется осмотическим давлением.

Например, в дереве с помощью осмотического давления растительный сок поднимается от корней до самой верхушки. Величина осмотического давления зависит от количества, а не от химической природы растворенных в нем веществ. Чем больше концентрация раствора, тем больше создаваемое ним осмотическое давление.[2]

Влияние изменения концентрации раствора легко представить в качественной форме. Очевидно, что когда концентрация равна 0, то и осмотическое давление равно 0. По мере растворения сначала небольших, потом все больших количеств растворяемого вещества будет увеличиваться различие в скоростях перехода через полупроницаемую перегородку в различных направлениях и, следовательно, будет возрастать осмотическое давление.

Опытные данные позволяют установить, что в достаточно разбавленных растворах осмотическое давление при постоянной температуре прямопропорционально концентрации растворенного вещества. [3]

Впервые измерения осмотического давления произвел В. Пфеллер (1877), исследуя водные растворы тростникового сахара. Осмотическое давление равно избыточному внешнему давлению, которое следует приложить со стороны раствора, что бы прекратить осмос, то

есть создать условия осмотического равновесия. Превышение избыточного давления над осмотическим может привести к обращению осмоса – обратной диффузии растворителя. В случаях, когда мембрана проницаема не только для растворителя, но и для некоторых растворенных веществ, диффузия последних из растворов в растворитель позволяет осуществить диализ, применяемый как способ очистки полимеров.[1]

Осмоз играет важную роль во многих биологических процессах. Мембрана, окружающая нормальную клетку [крови](#), проницаема лишь для молекул воды, [кислорода](#), некоторых из растворенных в крови питательных веществ и продуктов клеточной жизнедеятельности; для больших [белковых](#) молекул, находящихся в растворенном состоянии внутри клетки, она непроницаема. Поэтому белки, столь важные для биологических процессов, остаются внутри клетки.

Осмоз участвует в переносе питательных веществ в стволах высоких деревьев, где капиллярный перенос не способен выполнить эту функцию; широко используют в лабораторной технике: при определении молярных характеристик полимеров, концентрировании растворов, исследовании разнообразных биологических структур.

### Список литературы:

1. Большая советская энциклопедия. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1974. 632 с.
2. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика. 2-е изд. М.: Наука, 1976. 480 с.
3. Киреев В.А. Курс физической химии. 3-е изд. Дополненное и переработанное М.: Химия, 1975. 776 с.

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**  
**ИНТЕРНЕТ-ПРОЕКТ «ИСТОРИЯ МИРА ГЛАЗАМИ**  
**ФИЗИКА»**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Д.Главчев, С.Носко, К.Коростянов, А.Криницкий*

*Рук.: доц. И.В. Синельник., ст. пр. Г.Н. Белявская*

Ход истории человеческой цивилизации во многом определяется открытиями в области естественных наук, в первую очередь физики, изобретениями и технологиями, разработанными на основе физических законов. В то же время история в большинстве учебников и общих курсов в основном излагается как история политическая; вопросы науки и научных открытий рассматриваются в общем контексте характеристики культуры той или иной эпохи. При таком подходе практически не рассматривается влияние физических открытий на социальный прогресс в целом. Поэтому было бы интересно, проследить историческое развитие в контексте формирования знания человека об окружающем мире. Вследствие огромных объемов информации решение такой задачи требует коллективных усилий большого числа людей. С этой целью разработан Интернет-проект «История мира глазами физика».

Современные компьютерные технологии, в первую очередь сетевые, позволяют организовать совместную деятельность по созданию, обработке, презентации, поиску, передачи информации различными пользователями. Для реализации проекта разработан Web-сайт, позволяющий осуществлять поиск и презентацию информации. В основу структуры положен хронологический принцип: на основной странице находится линия времени, продвигаясь вдоль которой можно проследить развитие физического знания и формирование физической картины мира. Информация сгруппирована по основным категориям:

- Жизнь и деятельность выдающихся ученых
- Физические открытия (явления и эффекты)
- Физические теории
- Ключевые эксперименты
- Физические принципы
- Изобретения (технические устройства, технологии)

Для каждой категории разработан специальный шаблон, который позволяет пользователям дополнять и расширять содержание сайта. Сайт может быть использован как учебно-информационный ресурс.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИХРОИЧНЫХ ПОЛЯРИЗАТОРОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Д.С. Воронин*

*Рук.: доц. Е.Т. Лемешевская, доц. В.В. Пилипенко*

Для получения поляризованного света используют специальные устройства, которые преобразуют проходящий через него (или отраженный) естественный свет в поляризованный. Такие устройства называются поляризаторами.

Линейно поляризованное излучение получают в призмных поляризаторах, принцип действия которых основан на двулучепреломлении, и дихроичных поляризаторах, у которых поглощение света зависит от направления колебаний электрического вектора световой волны. Сильным дихроизмом обладают кристаллы турмалина, у которых обыкновенный луч поглощается значительно больше необыкновенного. Однако дихроичные кристаллы достаточно больших размеров, пригодные для изготовления поляризаторов, отсутствуют в природе и не могут быть выращенными искусственно.

В настоящее время используются пленочные дихроичные поляризаторы, называемые поляроидами или поляризационными светофильтрами. Существует несколько видов поляроидов, отличающихся материалом или способом изготовления. Поляроид представляет собой пленку полимера или другого прозрачного материала, в которую вкраплены определенным образом ориентированные микроскопические кристаллики сильно дихроичного вещества, например, герпатита (йодистого соединения серноокислого хинина). Более совершенными и дешевыми являются йодно-поливиниловые, поливиниленовые и йодно-поливиниленовые поляроиды.

Преимуществом поляроидов перед призмными поляризаторами является их компактность, экономичность, технологичность, удобство использования, большие площади (до 1 м<sup>2</sup>). Конструктивно их оформляют в виде круглых пластинок: тонкую поляризационную пленку заклеивают между двумя прозрачными стеклами для ее защиты от механических повреждений и действия влаги.

Недостатки поляроидов связаны со спектральной селективностью поглощения: их степень поляризации  $P$  зависит от длины волны падающего излучения [1].

Степень поляризации излучения определяется соотношением

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (1)$$

где  $I_{\max}$  и  $I_{\min}$  – максимальная и минимальная интенсивность излучения для двух взаимно перпендикулярных направлений колебаний электрического вектора световой волны, соответственно.

В данной работе проведено исследование зависимости степени поляризации  $P$  пленочного поляроида от длины волны в видимой области спектра на установке, схема которой приведена на рис.1. Параллельный пучок света от источника сплошного спектра 1 падал на поляроид 2, который находился в обойме и мог поворачиваться вокруг горизонтальной оси. Конденсором 3 свет направлялся на щель монохроматора 4, после выхода из которого попадал на фотоприемник 5 – фотодиод, подключенный к регистрирующему устройству – цифровому вольтметру 6. Степень поляризации определялась по соотношению

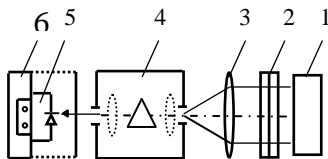


Рис.1

$$P = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}, \quad (2)$$

где  $U_{\max}$  и  $U_{\min}$  – показания вольтметра, соответствующие двум взаимно перпендикулярным положениям поляроида.

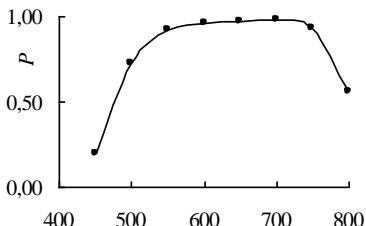


Рис.2

Интенсивность излучения пропорциональна показаниям вольтметра, если используется линейный участок люкс-вольтовой характеристики фотодиода.

$\lambda$ , нм

Полученные результаты приведены на рис.2. В спектральном интервале 550 - 700 нм степень поляризации близка к единице, тогда как фиолетовая часть спектра оказывается поляризованной лишь частично.

Полученные результаты приведены на рис.2. В спектральном интервале 550 - 700 нм степень поляризации близка к единице, тогда как фиолетовая часть спектра оказывается поляризованной лишь частично.

# МАГНИТНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ДИХРОИЗМ АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО КРИСТАЛЛА $\text{MnF}_2$

*Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина*

*Ст. М. Ефремова*

*Рук.: акад. Н.Ф.Харченко, н.сопр. О.В. Милославская*

Магнитооптические эффекты - изменения оптических свойств веществ в присутствии внешнего магнитного поля или спонтанной намагнитченности среды - являются важным инструментом фундаментальных исследований. Среда и материалы, проявляющие магнитооптические свойства, к настоящему времени широко используются в технике, и поиски материалов с более широкими возможностями в этой области продолжаются.

На данном этапе настоящий прорыв наблюдается в создании метаматериалов, а также магнитофотонных кристаллов, позволяющих получить существенное усиление магнитооптических эффектов.

Экспериментальные методики, основанные на использовании магнитооптических явлений, широко применяются в исследованиях магнитных состояний магнитоупорядоченных сред.

Хорошо известен метод визуального изучения магнитных неоднородностей в объектах физики конденсированного состояния, основанный на эффекте Фарадея. Спектральные магнитооптические методики играют важную роль при исследованиях особенностей энергетического спектра кристаллов.

В данной работе проведены исследования магнитного дихроизма линейно поляризованного света в кристалле  $\text{MnF}_2$ . Фторид марганца - классический тетрагональный антиферромагнетик с  $T_N = 68$  К. Антиферромагнитное состояние его формируется двумя подрешетками ионов  $\text{Mn}^{2+}$ . Магнитные моменты ионов марганца в разных подрешетках направлены коллинеарно вдоль кристаллографической оси  $C_4$  и противоположно друг другу. В кристаллах типа  $\text{MnF}_2$  возможны только  $180^\circ$ -ные антиферромагнитные (АФМ) домены. Их можно различить оптически только с помощью нечетных относительно АФМ вектора эффектов, одним из которых может быть линейный магнитооптический эффект (ЛМОЭ), т.е. линейные по полю дихроизм и двупрелом-

ление линейно поляризованного света [1]. В данной работе изучается проявление этого эффекта в поглощении.

Представлены результаты измерений индуцированного магнитным полем дихроизма линейно поляризованного света в области полосы поглощения кристалла  $\text{MnF}_2$ . Эта полоса сформирована внутриконфигурационными электронными переходами с основного состояния  ${}^6A_{1g} ({}^6S_{5/2})$  иона  $\text{Mn}^{2+}$  на расщепленное кристаллическим полем и спин-орбитальным взаимодействием возбужденное состояние  ${}^4E_g, {}^4A_{1g} ({}^4G)$ . В районе этого перехода в спектре наблюдались полосы, связанные с экситонным и экситон-магнонным поглощением [2].

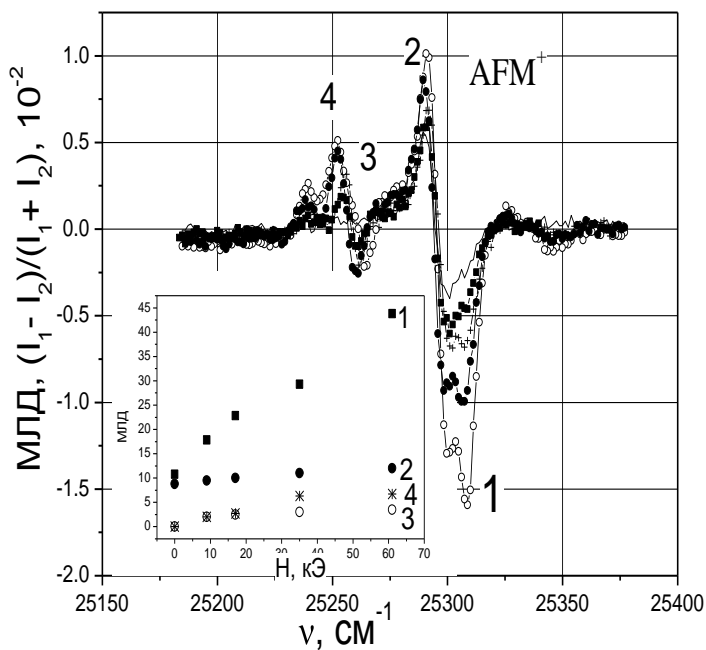
Величина дихроизма  $\Delta I = (I_1 - I_2)/(I_1 + I_2)$ , где  $I_1$  и  $I_2$  - интенсивности прошедшего через образец света со взаимно ортогональной линейной поляризацией, измерялась при  $T=6\text{K}$  в видимом диапазоне света с помощью модуляционной методики. Свет распространялся вдоль тетрагональной оси  $C_4$ . Магнитное поле также было направлено вдоль оси  $C_4$ .

Для измерения магнитного линейного дихроизма в кристалле  $\text{MnF}_2$  предварительно создавалось моноклоновое АФМ состояние. Образец нагревался до температуры  $80\text{ K}$ , т.е. выше температуры Нееля  $T_N=68\text{ K}$ , затем прикладывалось магнитное поле  $H=50\text{ кЭ}$ , слегка отклоненное от тетрагональной оси с компонентами  $H_Z \gg H_X$  и  $H_Y \neq 0$ , и в этом магнитном поле образец охлаждался до температуры  $6\text{ K}$ .

На рис. 1 приведены спектры магнитного линейного дихроизма в области оптического перехода  ${}^6A_{1g} ({}^6S_{5/2}) \rightarrow {}^4E_g, {}^4A_{1g} ({}^4G)$ , измеренные при разных значениях напряженности магнитного поля в геометрии  $H \parallel C_4 \parallel k$  на моноклоновом образце  $\text{MnF}_2$ .

На вставке показано, что изменения величины дихроизма в экстремумах спектра при увеличении поля близки к линейным, таким образом, наблюдавшийся эффект является линейным по полю магнитным дихроизмом линейно поляризованного света. При изменении знака поля величина дихроизма также меняла знак.

Таким образом, в антиферромагнитном кристалле  $\text{MnF}_2$  на полосах экситонного и экситон-магнонного поглощения наблюдался магнитный линейный дихроизм, нечетный по отношению к направлению магнитного поля. Величина эффекта представляется достаточной для визуального наблюдения с помощью современной техники оптической визуализации АФМ доменов. Ранее такие домены во фториде марганца наблюдались лишь методами нейтронной топографии [3]



Литература:

- [1] N.F. Kharchenko, Ferroelectrics **162**, 173 (1994).
- [2] R.S. Meltzer, M. Lowe, and D.S. McClure, Phys. Rev. **180**, 561 (1969).
- [3] Schlenker, J. Baruchel, Ferroelectrics **162**, 299 (1994).

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦВЕТНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ВИДИМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники*

*Ст. А.С. Братчун  
Рук. проф. А.А. Галуза*

Сегодня стало возможным изучение многих физических процессов с помощью вычислительной техники. Особенно эффектно и информативно выглядят результаты моделирования различных оптических явлений. Например, ЭВМ применяется при моделировании реального эксперимента по тепловому излучению, при изучении интерференции света, хроматической поляризации и др. В результате моделирования оптических явлений возникает необходимость генерировать на компьютере изображение, визуализация которого соответствовала бы законам не только физики, но и физиологии восприятия излучения человеком. Главной проблемой при этом является адекватное воспроизведение цвета немонахроматического излучения, получающегося в результате моделирования. Кроме того, для аттестации моделей цветности и соответствующих алгоритмов необходимо уметь количественно оценивать степень близости различных цветов.

Таким образом, целью настоящей работы является создание математического и программного обеспечения (ПО) для решения задач моделирования цветности источников (первичных или вторичных) видимого излучения с заданным спектром и количественного сравнения различных цветовых представлений.

Понятия света и цвета в компьютерной графике является основополагающими. Человеческий глаз чувствителен к электромагнитному излучению (свету) только в узком спектральном интервале длин волн (400-700 нм), называемом видимым диапазоном. Все видимые нами объекты являются первичными или вторичными источниками излучения. При этом они в большинстве случаев обладают сложным спектральным распределением излучаемого (отражаемого) света. Свет с различным спектральным составом вызывает в глазу человека различные цветовые ощущения, воспринимаемые человеком как цвет. С

другой стороны, одинаковые цветовые ощущения могут быть вызваны светом с различным спектральным составом. Поэтому, а также в силу особенности строения глаза человека (глаз выполняет интегрирование световой энергии по спектру в различных диапазонах чувствительности колбочек [1]), задача формирования цветового ощущения по спектральному составу света является достаточно сложной и неоднозначной.

Модель цвета или цветовое пространство – количественная характеристика цвета [2]. Существует множество цветовых пространств, но все модели цвета принадлежат к следующим трем типам: психологические (в зависимости от восприятия, *CIE Luv*), аддитивные (основаны на сложении, *RGB, XYZ*), субтрактивные (основаны на вычитании, *CMYK*) [2].

Наиболее интуитивно понятная модель – *RGB*. Она же реализуется в большинстве современных средствах отображения информации (мониторы, телевизоры и др.). В этой модели цвета представляются с помощью коэффициентов при трех базисных длинах волн ( $R - 650 \text{ нм}$ ,  $G - 550 \text{ нм}$ ,  $B - 450 \text{ нм}$ ), соответствующих максимумам чувствительности соответствующих колбочек глаза человека [1].

К сожалению, в модели *RGB* отдельные длины волн могут иметь коэффициенты меньше нуля. Это означает, что не все цвета, которые видит человек, могут быть представлены при помощи данной модели. Это приводит к необходимости введения другой цветовой модели, которая описывала бы все видимые цвета при помощи только неотрицательных коэффициентов. В 1931 г. Commission Internationale de L'Eclairage (CIE) приняла стандартные функции цветового соответствия  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  для гипотетически идеального наблюдателя (рис. 1). С их помощью строится цветовая модель *CIE XYZ*, коэффициенты  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  которой задаются следующими соотношениями:

$$X = \int_{400}^{700} I(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda, \quad Y = \int_{400}^{700} I(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda, \quad Z = \int_{400}^{700} I(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda,$$

где  $I(\lambda)$  - спектр излучения источника света. Этими тремя величинами любой цвет, воспринимаемый глазом, можно охарактеризовать однозначно [1].

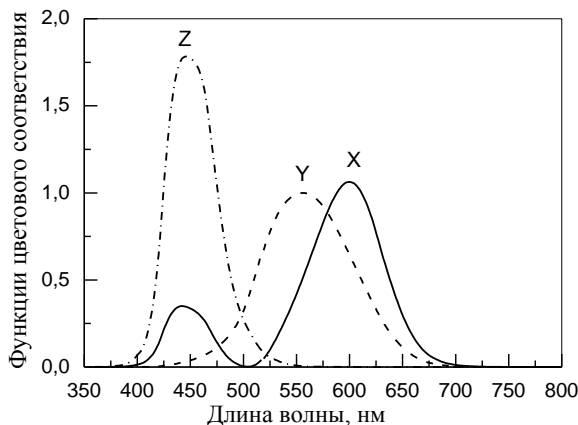


Рис. 1. – Функции цветового соответствия модели CIE XYZ.

К сожалению, ни модель *RGB*, ни *XYZ* не позволяют найти количественную оценку «одинаковости» различных цветов, поскольку не являются равномерными (малое изменение одного из коэффициентов может приводить к значительному изменению цвета). Неравномерность данных моделей составляет 80:1.

Значительно большая равномерность (6:1) обеспечивается моделью *Luv*, в которой параметр *L* соответствует яркости цвета, *u* отвечает за переход от зеленого к красному (при увеличении), а *v* – переход от синего к фиолетовому. Благодаря высокой равномерности модели *Luv* именно она использовалась в работе для количественного сравнения двух цветов.

Таким образом, разработано ПО, позволяющее выполнять преобразование света заданного СС в цвет и давать количественную оценку степени «одинаковости» различных цветов. Тестирование ПО было выполнено путем визуального сравнения цвета эталонных оптических стекол с известным спектром пропускания и цвета, сгенерированного по этому спектру [3].

1. Шикин Е., Боресков А. Компьютерная графика. Полигональные модели. – М.: Диалог-МИФИ, 2005. – 464 с.
2. [Стефанов С.И. Энциклопедия: полиграфия от А до Я](#). – М.: [Книжный дом "ЛИБРОКОМ"](#), 2009. – 320 с.
3. ГОСТ 9411-91. Стекло оптическое цветное. Технические условия. - Взамен ГОСТ 9411-81; Введ. 01.01.93. - М: Издательство стандартов.



# ИЗУЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ РАДИАЦИОННОГО ФОНА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: С.С. Бульба, Р.А. Москаленко, П.В. Сачок  
Рук. доц. И.В. Синельник*

Многие физические процессы носят случайный характер и могут быть описаны статистическими законами. Одним из наиболее широко распространенных случайных процессов является радиоактивный распад [1, 2]. Радиоактивный распад – самопроизвольное превращение ядер одних химических элементов в другие. Радиоактивные изотопы, существующие в природе, и космические лучи создают естественный радиационный фон излучения – ионизирующее излучение, которое может быть зарегистрировано и измерено с помощью приборов. Одним из таких устройств является счетчик Гейгера-Мюллера – газоразрядный прибор, осуществляющий автоматический подсчет попавших в него частиц [1, 2].

Характеристикой естественного фона в таком случае служит поток ионизирующих частиц, который может быть определен как количество частиц, падающих на заданную поверхность в единицу времени [3]. Поскольку появление частиц является результатом случайных процессов, то значение  $\Delta N$  – числа частиц, зарегистрированных в течение определенного промежутка времени, – в разных измерениях будет различным. Поэтому значение потока частиц характеризуют средним значением. Флуктуациями потока естественного фона называются отклонения его от значения среднего. Распределение этих величин подчиняется статистическим закономерностям.

В настоящей работе статистические закономерности, описывающие флуктуации потока естественного фона излучения, изучались путем обработки результатов эксперимента. Измерения проводились в соответствии с методикой, описанной в лабораторной работе 33 [2].

В данной лабораторной работе исследуется число частиц, регистрируемое счетчиком Гейгера-Мюллера за заданный промежуток

времени. Если известно число возможных источников появления частиц и вероятность их возникновения, то распределение числа регистрируемых частиц будет биномиальным. В случае большого числа потенциальных источников частиц и малой вероятности их образования (что, как правило, бывает на практике) биномиальное распределение аппроксимируется распределением Пуассона.

Распределение Пуассона хорошо описывает результаты эксперимента, в котором считают события, происходящие случайно, но в определенном среднем темпе. При увеличении среднего числа регистрируемых частиц (среднего значения случайной величины) распределение Пуассона стремится к распределению Гаусса с тем же значением среднего и той же дисперсией [3, 4].

Для сравнения статистических распределений между собой и с эмпирическим распределением случайной величины пользуются их свойствами. К числу основных свойств относятся математическое ожидание, мода, медиана, дисперсия, стандартное отклонение и другие [3, 4].

Для численной обработки экспериментальных данных был использован табличный процессор MS Excel. Расчет свойств распределения случайной величины производился с помощью статистических функций MS Excel.

#### Литература:

1. Савельев И.В. Курс общей физики: В 3 т. – М.: Наука, 1982. – Т.3. – 304 с.
2. Методические указания к лабораторным работам по разделам «Физика атомов, молекул, твердого тела, ядра и элементарных частиц» курса физики. / Под ред. В.А. Базакуца. – Харьков, ХПИ. – 1990. – с. 189 – 194.
3. Корн Г., Корн Т.. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). – М.: Наука, 1977. – 832 с.
4. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 272 с.

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОВИЗОРЫ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники  
Ст.: Д. В. Горячевская, М.А. Шевченко  
Рук. доц. Р.П. Орёл*

В современной деятельности человека встречаются ситуации, когда нужно провести анализ того или иного объекта в кратчайшее время. Существуют различные способы, позволяющие быстро и качественно получить желаемый результат.

Тепловой неразрушающий контроль это уникальный метод определения дефектов исследуемой поверхности, позволяющий определить в каком именно месте происходит разрушение, благодаря отображению полученных данных в виде наглядного графического изображения.

Сложные проблемы требуют всё более новых и современных решений поставленных задач. Благодаря развитию современной техники, а именно в области производства полупроводниковых элементов, производство сделало заметный шаг, позволив значительно повысить скорость обработки современных приборов, а так же встроить множество современных коммуникационных функций для ускорения процессов передачи и обработки полученных данных.

Современные рыночные отношения заставляют производителей улучшать и совершенствовать свою продукцию для поддержания конкурентоспособности выпускаемых тепловизоров а так же поддержания необходимого уровня рентабельности данных предприятий. Ведущими производителями на рынке являются такие производители, как ИРТИС, NEC, FLIR, и FLUKE.

Рассмотрев российского производителя ИРТИС, сделаны выводы, что эта фирма произ-



водит высококачественные и надёжные тепловизоры с оптимальной точностью получаемых данных, это позволяет использовать данные приборы в научной сфере, производственной, медицинской, а так же в тех областях, где требуется высокая точность и достаточно высокое быстродействие.

Мы рассмотрели такие тепловизоры, как ИРТИС 2000А, 2000МЕ, 2200С и 200, эти тепловизоры имеют высокое разрешение матрицы, маленькую погрешность и достаточно продолжительное время автономной работы. Недостатком является отсутствие жидкокристаллических дисплеев, что требует подключения дополнительных устройств.

Также были рассмотрены такие производители как: NEC, FLIR и FLUKE. Данные производители имеют достаточно большое количество моделей, среди них можно выделить наличие ультрапортативных и компактных моделей с малыми габаритными размерами и очень маленьким весом. Наличие графического дисплея позволяет проводить аналитическую работу моментально. Среди недостатков таких приборов можно обратить внимание на невысокое разрешение матрицы (ок. 80х80), а так же низкую производительность. Однако цена на такие тепловизоры является весьма доступной для малых и средних предприятий. Среди таких моделей можно выделить FLIR I5, FLUKE T10.

Среди моделей так же есть усовершенствованные и дорогостоящие модели, обладающие более высокой производительностью и наличием множества современных функций. Среди таких моделей можно отметить FLIR P660. Особенностью модели является наличие высококачественной матрицы с высоким разрешением 640х480, наличие GPS и жидкокристаллического экрана.

Тепловое изображение объектов генерируется специальным инфракрасным объективом и регистрируется с помощью фокальной матрицы, установленной в фокальной плоскости объектива. Элементы матрицы преобразуют кванты света в электрические заряды, которые считываются кремниевым мультиплексором, усиливаются, обрабатываются и передаются в компьютер, в итоге на экране мы получаем графическое изображение объекта (термограмму).



# ОБЪЕМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В КУБИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ

*Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина*

*Ст. М.С. Клочко*

*Рук.: проф. Е. С. Сыркин*

Теоретическое и экспериментальное исследование упругих поверхностных волн (ПВ) обусловлено их важностью, как в фундаментальных исследованиях, так и в технологических приложениях. Характеристики ПВ весьма чувствительны к свойствам поверхности, в связи с чем особый интерес представляют чисто сдвиговые ПВ с горизонтальной поляризацией, которые в силу своей специфики значительно сильнее зависят от свойств поверхности, чем, например, волны рэлеевской поляризации [1]. Высокая чувствительность к свойствам поверхности обусловлена тем, что в длинноволновом пределе чисто сдвиговые волны проникают в глубь кристалла намного сильнее рэлеевских. В случае достаточно симметричной геометрии задачи чисто сдвиговые ПВ отщепляются от волн рэлеевской поляризации и являются однокомпонентными [2].

В данной работе на микроскопическом уровне исследованы объемные зоны и свойства отщепившихся от объемной зоны однокомпонентных поверхностных волн в зависимости от ориентации поверхности, направления двумерного волнового вектора вдоль поверхности и его значений внутри двумерной зоны Бриллюэна. Вычислены для чисто сдвиговых волн законы дисперсии объемных и поверхностных колебаний в случае ориентации поверхности (001), (110), (111) для простого кубического (ПК), гранецентрированного кубического (ГЦК) и объемно центрированного (ОЦК) кристаллов при учете взаимодействия между ближайшими соседями. Для вычислений использовалась методика, изложенная в работе [3].

В выбранной геометрии однокомпонентные сдвиговые волны отщепляются от волн рэлеевской поляризации. Законы дисперсии представлены нами как функции двумерных волновых векторов, а по  $k_z$  проводим суммирование от 0 до  $\pi$ . В качестве примера приведены результаты вычислений в случае ОЦК кристалла с учетом взаимодействия между ближайшими соседями при ориентации поверхности (001) (рис.1), и ПК кристалла с ориентацией поверхности (110) (рис.2). За-

штрихованные области на рисунке соответствуют зонам объемных колебаний, а отщепленная от зоны объемных колебаний линия соответствует поверхностной волне.

Для данной геометрии объемные колебания описываются уравнением (1), (3), (для каждой из рассмотренных ситуаций соответственно), а отщепившаяся поверхностная волна описывается законом дисперсии (2), (4). Амплитуда поверхностной волны по мере удаления от поверхности имеет следующий вид:  $u(n)=u_0*q^n$ , где  $n$  – номер слоя,  $n=0$  – поверхностный слой, а величина  $q<1$  описывает затухание амплитуды поверхностной волны.

$$\frac{m * \omega_v^2}{\alpha} = 8 - 8 * \cos k_x * \cos k_y * \cos k_z \quad (1)$$

$$\frac{m * \omega_s^2}{\alpha} = 4 - 4 * (\cos k_x)^2 * (\cos k_y)^2 \quad (2)$$

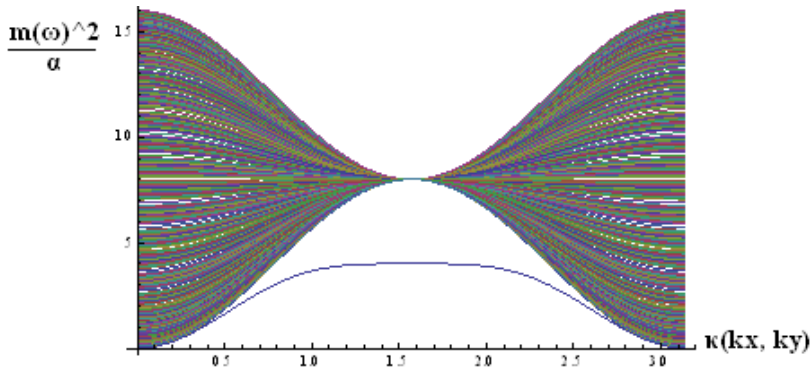


Рис. 1.

$$\frac{m * \omega_v^2}{\alpha} = 6 - 4 * \cos k_x * \cos k_z - 2 * \cos k_y \quad (3)$$

$$\frac{m * \omega_s^2}{\alpha} = 4 - 2 * \cos k_y - 2 * (\cos k_x)^2 \quad (4)$$

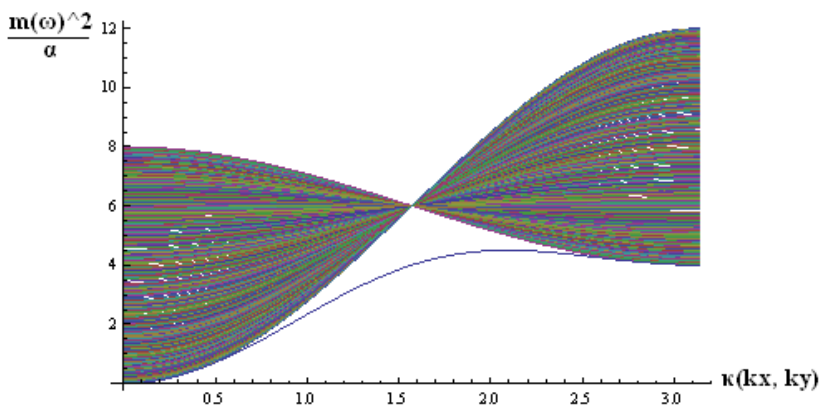


Рис. 2

Отметим, что и в обоих рассмотренных случаях в точке  $k_x = k_y = \pi/2$  объемная зона обращается в ноль и, следовательно, поверхностная волна локализована в одном поверхностном слое ( $q = 0$ ). Вблизи  $k_x = k_y = 0$  величина  $q$  стремится к 1, т.е., становится квазиобъемной. Таким образом, в зависимости от направления и величины двумерного волнового вектора глубина проникновения может меняться в очень широких пределах. Столь же значительны изменения происходят и со скоростью распространения поверхностных волн, что чрезвычайно важно для их практического применения.

### Литература

1. Alldredge G.P.// Phys Lett.A.1972.V.41.№ 3.P.281.
2. Косевич Ю.А., Сыркин Е.С.// ЖЭТФ. 185. Т.89. №12.C.2221.
3. Ковалев А.С., Сыркин Е.С.// КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, 1999, том 44, №5, с.865 – 872.

# ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В СКРЕЩЕННОМ МАГНИТНОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЯХ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

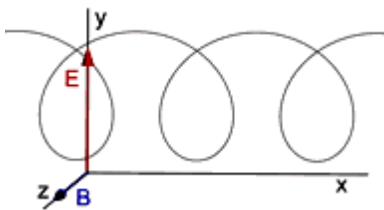
*Ст. А.С. Колесник*

*Рук. доц. А. А. Рожков*

В своем докладе я хочу, остановиться на довольно интересных эффектах, возникающих при одновременном действии магнитного и электрического полей. Пусть у нас имеется однородное магнитное поле  $B$  и направленное к нему под прямым углом электрическое поле  $E$ . Тогда частицы, влетающие перпендикулярно полю  $B$ , будут двигаться по кривой. Если частица движется в направлении поля  $E$ , то она набирает скорость, и магнитное поле загибает ее меньше. А когда частица движется против поля  $E$ , то она теряет скорость и постепенно все больше загибается магнитным полем. В результате же получается «дрейф» в направлении скрещенных магнитом и электрическом поле ( $E \times B$ ). Такое движение есть по существу суперпозиция равномерного движения со скоростью  $v_d = \frac{E}{B}$  и кругового. Представьте себе наблюдателя, который движется направо с постоянной скоростью. В его системе отсчета наше магнитное поле преобразуется в новое магнитное поле плюс электрическое поле, направленное вниз. Если его скорость подобрана так, что полное электрическое поле окажется равным нулю, то наблюдатель будет видеть электрон, движущийся по окружности. Движение будет круговым движением плюс перенос со скоростью дрейфа  $v_d = \frac{E}{B}$ . Движение электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях лежит в основе магнетронов, т. е. осцилляторов, применяемых при генерации микроволнового излучения. Есть еще немало других интересных примеров движения частиц в электрическом и магнитном полях, например орбиты электронов или протонов, захваченных в радиационных поясах в верхних слоях стратосферы.

Рассмотрим движение заряда  $q$  в случае одновременного наличия однородных и постоянных электрического ( $E$ ) и магнитного ( $B$ ) полей, перпендикулярных друг другу и первоначальному направлению движения заряда.





Рассмотрим нерелятивистский случай, ( $v \ll c$ ). Для выполнения этого условия требуется, чтобы напряжённость электрического поля  $E$  была много меньше напряжённости магнитного поля  $H$ . В этом приближении траектория движения частицы описывается трохоидой, которую можно представить как сумму двух движе-

ний: в направлении, перпендикулярном скрещенным полям, заряд движется с постоянной дрейфовой скоростью  $v_d = \frac{cE}{H}$  и в плоскости, перпендикулярной магнитному полю, он движется по окружности с циклотронной частотой  $\omega = \frac{qH}{mc}$  и радиусом  $R = \left| \frac{v_0 - \frac{cE}{H}}{\omega} \right|$ , где  $v_0$  - начальная скорость заряда.

Скорость дрейфа в направлении оси  $X$  не зависит от начальной скорости заряженной частицы. Если частица влетает в скрещенное электрическое и магнитное поле со скоростью, равной скорости дрейфа  $v = v_d = \frac{cE}{H}$ , то сила действия со стороны магнитного поля в точности компенсирует силу, действующую со стороны электрического поля и полная сила Лоренца равна нулю. В этом случае заряд будет двигаться по прямолинейной траектории со скоростью дрейфа.

Рассмотрим примеры использования выше изложенной теории при решении практической задачи.

1. Имеются однородные скрещенные поля  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{B}$ . Выберем оси координат так, чтобы ось  $y$  была направлена вдоль вектора  $\mathbf{E}$  а ось  $z$  — вдоль вектора  $\mathbf{B}$ . Поместим в начало координат частицу с массой  $m$  и зарядом  $e'$  и отпустим ее с нулевой начальной скоростью. Как будет двигаться частица?

Ответ: Траектория, описываемая точкой в этом случае, называется циклоидой.

2. Чему равна дрейфовая скорость заряженной частицы поперек электрического и магнитного полей, если угол между  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{B}$  равен  $\alpha$ .

а. Ответ:  $v_{dp} = \frac{E}{B} * \sin \alpha$

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В КОНТРОЛЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники*

*Ст.: С.В. Грищенко, Е.В. Корниенко*

*Рук. асс., к.т.н. С.Б. Малик*

В любом радиоэлектронном аппарате (РЭА) в результате его функционирования происходит преобразование электрической энергии в тепловую и формирование устойчивого температурного поля, структура которого связана с мощностью, рассеиваемой элементами этого РЭА.

Измерить это температурное поле можно с использованием тепловизоров, которые обнаруживают и измеряют излучение поверхности контролируемого объекта в инфракрасном диапазоне спектра и представляют полученные данные в виде изображений, позволяющих определить перегретые или переохлажденные места.

Метод неразрушающего контроля, основанный на получении термограмм – изображений, показывающих картину распределения температурных полей на поверхностях контролируемых объектов и полученных с помощью тепловизора называется термографией.

Термографическая съемка производится следующим образом: перед тепловизором размещают контролируемый узел радиоэлектронных аппаратов и рассматривают тепловую картину на экране тепловизора. После чего либо специалист оценивает вид дефекта или степень работоспособности контролируемого объекта, либо температурное поле сравнивается с эталонным, хранимым в памяти ЭВМ. На основе анализа особенностей временного развития температурного поля контролируемого объекта, величины обнаруженных температурных аномалий, морфологии температурных зон на поверхности изделия делают выводы о качестве контролируемого РЭА. Применение термографии для контроля нестационарных тепловых полей позволяет изучить переходные тепловые процессы при включении и выключении электронной аппаратуры, изменении режимов работы. Термография позволяет изучить поведение радиоэлектронных аппаратов и их компонентов при любых режимах работы, изучить процессы в динамике развития, что позволяет правильно размещать и компоновать элементы, и обнаружи-

вать дефекты установки и функционирования элементов контролируемых радиоэлектронных аппаратов. В ряде случаев удастся определить возможные источники отказов, не выявляемые другими методами, и осуществить прогнозирование длительности службы отдельных компонентов аппаратуры в зависимости от их температуры, считая, что ухудшение параметров связано с химическими превращениями.

Интегральные микросхемы (ИС) и другие изделия микроэлектроники, являющиеся компонентами РЭА, относятся к наиболее сложным объектам с точки зрения термографического контроля, так как минимальные размеры их элементов очень малы. Для этого используют тепловизоры-микроскопы (см. рис. 1), которые могут выявить дефекты размерами 7 мкм. Термографический метод является перспектив-

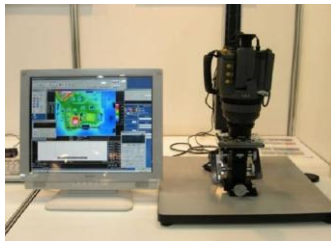


Рис. 1

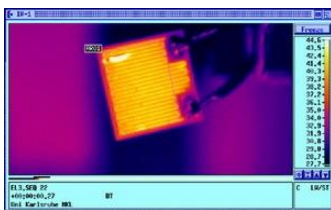


Рис. 2

ным и при дефектоскопии изделий микроэлектроники, так как для этого класса изделий особенно важны температурные характеристики.

Термография позволяет обнаруживать следующие часто встречаемые дефекты РЭА и их компонентов (см. рис. 2-4):

- ▲ неправильное подключение элемента в схеме,
- ▲ некачественный монтаж,
- ▲ неудачное размещение элементов на плате;
- ▲ дефекты печатной платы (некачественная металлизация, отслоение дорожек, расслоение печатной платы);
- ▲ дефекты р-п перехода в полупроводниковых элементах,
- ▲ трещины,

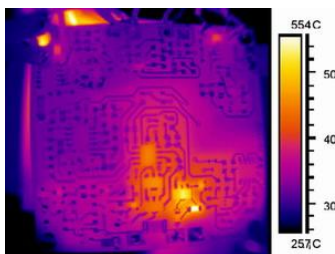


Рис. 3

- ▲ газové пузыри между кристаллом и основанием,
- ▲ неоднородность состава исходного материала;
- ▲ дефекты теплоотвода,
- ▲ диффузионной сварки;
- ▲ пробой конденсаторов (особенно в интегральных схемах);
- ▲ другие дефекты навесных элементов.

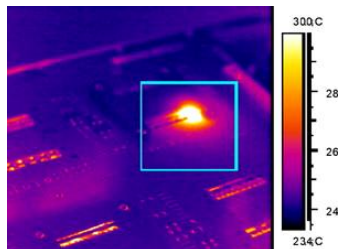


Рис. 4

Основными достоинствами термографии как метода неразрушающего контроля радиоэлектронных аппаратов являются: портативность,

- дистанционность,
- высокое быстродействие и производительность,
- возможность исследования динамических и статических тепловых процессов,
- процессов преобразования и передачи энергии,
- возможность прогнозирования качества материалов и изделия.

Недостатками термографии может быть только то, что использование тепловизора будет экономически оправданным скорее на большом предприятии, так как обучение специалистов и само оборудование для контроля являются весьма дорогостоящими.

1. Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле: [Монография] / В.А. Стороженко, В.А. Маслова. – Х.: Смит, 2004. – 160с.

2. Неразрушающий контроль: Справочник в 7 т. / Под общ. ред. В.В.Клюева. Т.5: В 2 кн. Кн. 1: Тепловой контроль / В.П. Вавилов - М.: Машиностроение, 2004. – 697с.

3. Xavier P. V. Maldague. Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing / Xavier P. V. Maldague – John Wiley & Sons, Inc., 2001. – p. 684.

4. Стороженко В.А. Применение термографии для контроля печатных плат / В.А. Стороженко, С.Б. Малик // Техническая диагностика и неразрушающий контроль – 2007 – №1. – С. 28-31.

# ЦИФРОВОЙ ЗВУК

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е. Храмов  
Рук. проф. Ю.И. Подъячий*

Еще 20-30 лет назад записанный звук (например, с помощью магнитофона) представлял собой непрерывную во времени функцию изменения напряжения или тока, т.е. был аналоговым. Развитие математики и техники позволило записывать звуки в виде импульсных последовательностей, которые математически представляют собой двоичные числа. Звук стал цифровым. Такой звук меньше подвержен влиянию шумов, помех и других искажающих его факторов. Долговечность звуковой записи на носителе увеличилась многократно.

Для преобразования звука в цифровой вид применяется импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), которая превращает аналоговый сигнал в битовую последовательность, описывающую алгоритм воспроизведения звука (см. рисунок 1).

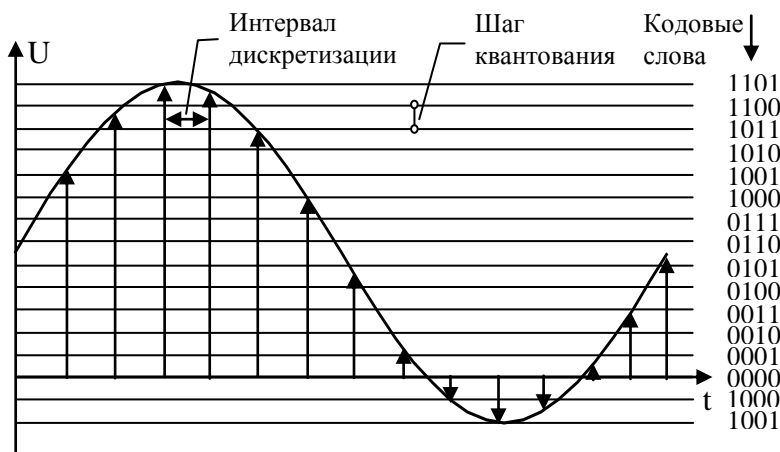


Рисунок 1

Такая битовая последовательность хранится в специальных файлах. Для уменьшения объема файлов информация в них сжимается с помощью специальных алгоритмов. В зависимости от уровня сжатия

объем звукового файла может варьироваться от нескольких килобайт до нескольких мегабайт на 1 секунду оцифрованного звука.

Импульсно-кодовая модуляция обеспечивает цифровое представление аналогового сигнала, который оцифровывается через равные промежутки времени (с заданной частотой) и представляется в двоичном виде (с заданной точностью). Частота дискретизации должна быть не ниже 2-кратной максимальной частоты в спектре аналогового сигнала (согласно теореме Котельникова).

Практически все виды аналоговых данных (видео, голос, музыка) допускают применение ИКМ. Данный формат применяется также в некоторых цифровых телефонных системах и в ряде форматов цифрового видео. В формате ИКМ значения амплитуды звука представлены с помощью разного числа битов (разрядности); звуковая дорожка, как правило, оцифровывается с разрядностью от 12 до 24 бит, но чаще всего при студийном кодировании ИКМ-аудио для записи на диски формата Blu-ray используются разрядность в 16 бит.

Главной проблемой при цифровой записи и воспроизведении звука является потеря части высокочастотных составляющих спектра при дискретизации аналогового сигнала, а затем при воспроизведении цифрового сигнала, т.е. при его преобразовании в аналоговый.

Сейчас проблема последнего преобразования решается так:

- = цифровой поток данных снимается с носителя и подаётся на высококачественный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП).  
Получают аналоговый вид цифрового сигнала.
- = полученный аналоговый сигнал подается на эквалайзер, в котором изменяется уровень мощности сигнала в определённой части спектра;
- = с выхода эквалайзера полученный линейный сигнал подаётся на усилитель низкой частоты, в котором его мощность увеличивается до нужного уровня;
- = затем электрический сигнал поступает на громкоговоритель и преобразуется в колебания воздуха, которые и воспринимает человеческое ухо.

Каждый участок этой цепочки вносит свои собственные шумы и искажения в выходной **аналоговый** сигнал. Межблочные соединения, как бы хорошо они не были экранированы, играют роль антенн и принимают радиоимпульсы от радиовышек, радиотелефонов и т.п. Изменения температуры полупроводниковой техники ведёт к нестабильности коэффициента усиления и некорректному воспроизведению раз-

личных частот. И все искажения имеют свойство умножаться. В итоге мы получаем на выходе не совсем тот сигнал, который записан в цифровом файле.

В данной работе предлагается удлинить участок цепочки прохождения сигнала в цифровой форме. Это позволит уменьшить искажения и мощность шумов в выходном сигнале, т.к. цифровой сигнал гораздо меньше им подвержен. Вкратце идея состоит в следующем. Звук в цифровом формате снимается с носителя с помощью микроконтроллера и поступает на широтно-импульсный модулятор, встроенный в этот же микроконтроллер. В нем поток цифровых данных преобразовывается в сигнал с широтно-импульсной модуляцией амплитудой 3 В (напряжение питания микроконтроллера). Затем этот сигнал подается на оконечный каскад усилителя класса D и только там с помощью фильтра НЧ выделяется полезный звуковой сигнал.

Принципиальная электрическая схема предложенного устройства приведена на рисунке 2.

Предлагаемое устройство обладает следующими преимуществами по сравнению с традиционными:

- = более высокий КПД (за счёт усилителя класса D);
- = лучшая защищённость от шумов (на низковольтную генерацию транзисторы в усилителе класса D не будут реагировать);
- = более высокое качество воспроизводимого звука;
- = меньшие масса и габариты.

Применения более мощного семейства МК ATMEGA позволит реализовать более функциональный интерфейс проигрывателя.

Сейчас основным недостатком предлагаемого устройства является отсутствие эквалайзера и регулятора уровня мощности. В дальнейшем предполагается решить эту проблему на программном уровне.

При считывании файлов с карты памяти используется файловая система FAT. В данном проекте использовался Petit-FatFs - урезанный FatFs. Petit-FatFs был разработан для микропроцессоров с очень малым объёмом оперативной памяти, менее 512 байт. Он великолепно подходит для серии tiny семейства AVR. Данный проигрыватель поддерживает только WAV файлы формата PCM 8/16 бит, стерео/моно с частотой дискретизации до 48kHz. Воспроизведение звуковых файлов из корневой директории начинается при подаче питания или при подключении карты памяти. При нажатии на кнопку воспроизводится следующий файл. Это устройство отличается простотой конструкции и тех-

нологичностью изготовления. Дополнительные цепи микроконтроллера не указаны.

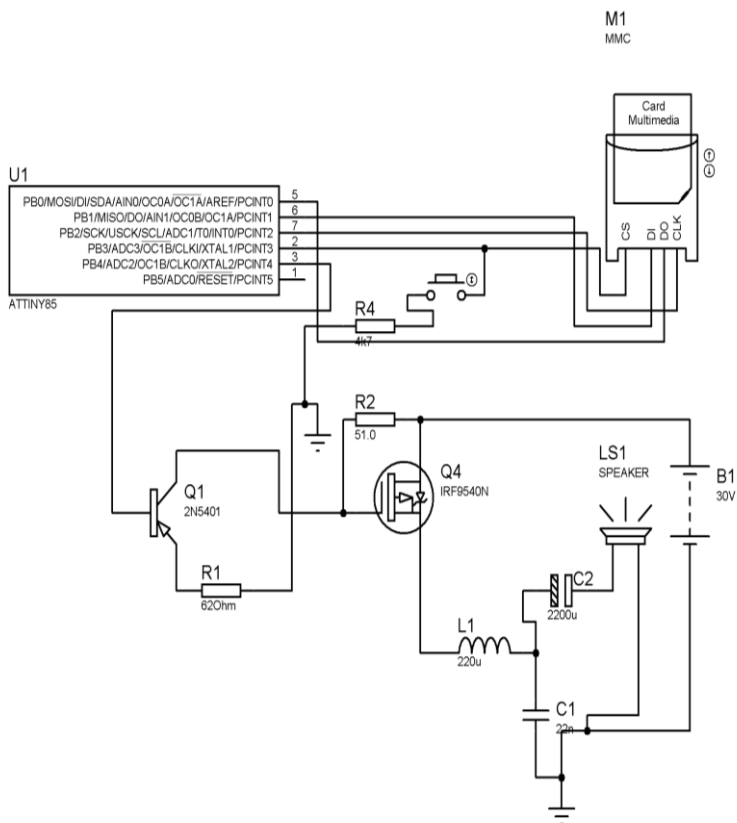


Рисунок 2



# МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст.: А.О. Довгаль, Д.Ф. Муравьев*

*Рук. ст.пр. И.А.Корж*

Дифференциальное уравнение малых затухающих колебаний математического маятника имеет вид:

$$d^2\alpha/dt^2 + 2\beta d\alpha/dt + (g/l)\alpha = 0,$$

где  $\alpha$  — угол отклонения от положения равновесия,  $l$  — длина нити,  $\beta$  — коэффициент затухания. Решение этого уравнения:

$$\alpha(t) = \alpha_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

а период колебаний  $T = 2\pi \frac{\sqrt{l/g}}{\sqrt{1-\beta^2 l/g}}$  не зависит от амплитуды.

Однако если условие  $\sin\alpha \approx \alpha$  не выполняется, т.е. колебания не являются малыми, дифференциальное уравнение затухающих колебаний математического маятника

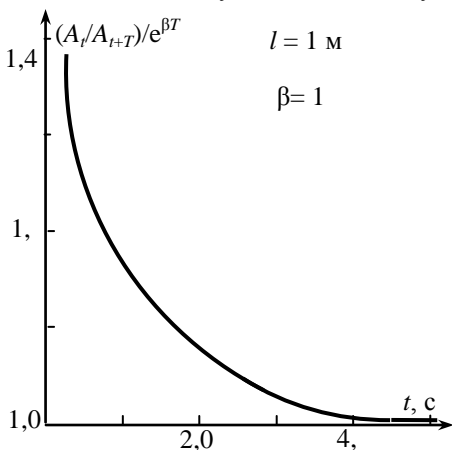
$$d^2\alpha/dt^2 + 2\beta d\alpha/dt + (g/l)\sin\alpha = 0,$$

не имеет решения в элементарных функциях.

Численное решение этой задачи в данной работе было получено с помощью программы, предусматривающей пошаговый расчет максимальных значений угла отклонения, угловой скорости и углового ускоре-

рения в любой момент времени при различных значениях коэффициента затухания.

Используя результаты численного расчета, была исследована сравнительная зависимость для данной рассматриваемой системы амплитудных значений угла отклонения, угловой скорости и углового ускорения от времени и от коэффициента затухания.



# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СНЕЖИНОК

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: Е.В. Дидковский, О.К. Цебро, Д.А. Шевердин  
Рук. доц. И.В. Синельник*

Механизмы кристаллообразования в неравновесных условиях представляют значительный интерес с научной и практической точек зрения. Особый интерес вызывают дендритные кристаллы как переходные формы от массивных кристаллов к сложным агрегатам, имеющим фрактальную структуру. Примером дендритных кристаллов являются обыкновенные снежинки.

Первое научное исследование, посвященное разнообразию форм, строгой симметрии и механизмам образования снежинок было выполнено еще Кеплером [1]. В начале XX века американский исследователь Бентли создал фотографический атлас снежинок. Выращиванием снежинок в лабораторных условиях и изучением закономерностей их формирования многие годы занимается К.Либрехт [2]. В течение XX века накоплен огромный эмпирический материал относительно закономерностей формирования снежинок, но полностью механизм этого процесса не ясен.

Известно, что снежинки – это кристаллы льда. В настоящее время известно много кристаллических модификаций воды, одна из наиболее распространенных – природный лед – имеет гексагональную структуру с параметрами решетки  $a = 0,4514$  нм,  $c = 0,7352$  нм. Кристаллическая структура льда напоминает структуру алмаза: атомы кислорода находятся в вершинах и центрах тетраэдров, расстояние между ними  $2,76 \text{ \AA}$ , углы между связями составляют  $109^\circ 28'$ . Атомы водорода разупорядочены. Морфология образующихся кристаллов льда определяется физическими условиями их формирования – давлением, температурой влажностью.

В настоящей работе на основе симметричного и комбинаторного подходов выполнена оценка вероятности обнаружения одинаковых по форме снежинок при одинаковых физических условиях их формирования.

Литература.

1. Кеплер И. О шестиугольных снежинках. – М.: Наука, 1983.
2. <http://its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals>

# ТЕПЛОВОЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники*

*Ст.: Д.В. Смашный, В.С. Минаев  
Рук. доц. Р.П. Орёл*

The given report is considered the area of applications of thermal nondestructive testing, and feature its conduct. The main part of the material contains a broad review of nondestructive testing using in specific industries. Basic types and methods of nondestructive testing, and their characteristics are examined. The advantages of the thermal method in comparison with other methods for solving certain problems of control are shown.

Тепловой неразрушающий контроль (ТНК) представляет собой регистрацию температурного поля на поверхности контролируемого изделия тепловизионной камерой и последующем анализе термограмм оператором с использованием ЭВМ для обработки результатов, выявления дефектов и принятия решения. Наличие дефекта характеризуется изменением температуры в исследуемой зоне по сравнению с бездефектными областями.

Тепловой метод имеет ряд преимуществ: широкая область применения, бесконтактность процесса контроля, мобильность регистрирующей аппаратуры, возможность автоматизации процесса контроля, малые временные затраты на процесс диагностики и обработку данных.

Одним из высокоэффективных методов теплового неразрушающего контроля является тепловизионный метод или тепловизионное обследование, которое производится с помощью электронных средств тепловидения - тепловизоров.

Тепловизор – это прибор, позволяющий видеть тепловое излучение и получать тепловое изображение (термограмму) объекта на дисплее, где определенному значению температуры соответствует определенный цвет.

Различают два основах вида ТНК:

1) пассивный ТНК – на объект не воздействуют внешним источником энергии, а источником информации служит своё тепловое поле.

2) активный ТНК – объект нагревают или охлаждают, тем самым изменяя его тепловое поле, несущее информацию об объекте.

Сейчас тепловизоры широко применяются в самых различных областях. Во всем мире применение тепловизоров в электроэнергетике является одним из эффективных компонентов системы технической диагностики.

Обследование тепловой изоляции основного и вспомогательного теплового оборудования, обмуровки котлов, паропроводов и трубопроводов выполняется процессе эксплуатации. С помощью тепловидения также контролируется состояние кровли, ведется трассировка скрытых коммуникаций, поиск протечек, проверка работы системы отопления, повышение эффективности использования тепловой энергии. Тепловидение помогает в диагностике состояния железобетонных, кирпичных и металлических промышленных дымовых и вентиляционных труб, а также газопроводов.

Тепловидение можно назвать универсальным способом получения различной информации об окружающем нас мире. Существует несколько методов и средств теплового неразрушающего контроля:

1) вибротепловизионный метод – особенно перспективен для анализа изделий, работающих в условиях вибрации. В материалах с дефектами структуры под воздействием вибрации возникают температурные поля, что обусловлено рассеянием энергии колебаний на дефектах и превращением ее в теплоту за счет внутреннего перегрева в

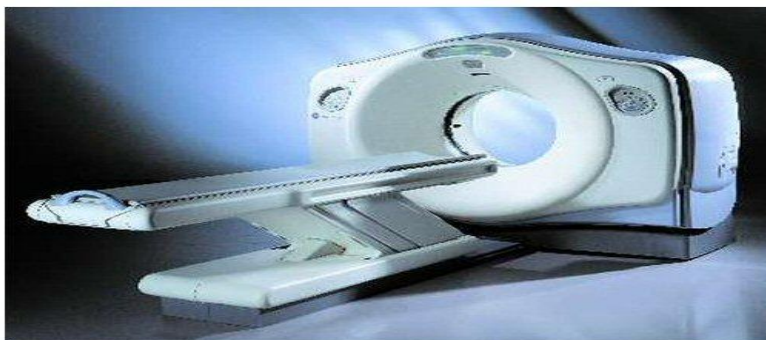


Рис.1

материале.

2) метод тепловой томографии (рис.1) – метод визуализации внутренних сечений объекта с помощью тепловых эффектов.

3)Теплографический ТНК композитов- контроль тонкостенных оболочек из полимерных композиционных материалов, прочность которых существенно зависит от дефектов типа воздушных расслоений.

4) вихретокотепловой метод – основан на радиоимпульсном возбуждении металлических объектов полем индуктора, приеме теплового отклика приповерхностным преобразователем вовремя и после теплового воздействия и анализе амплитудно-временной информации.

Таким образом преимущества ТНК обусловленные его широким применением, становятся очевидным, он широко используется в таких областях, как авиация, автомобильная промышленность, целлюлозно-бумажное производство, радиоэлектроника и микроэлектроника, химическая промышленность и нефтегазовый комплекс машиностроение.

Также рассматриваются методы активного теплового контроля, в том числе на примере обследования произведений искусства. Без внимания не останутся такие применения тепловизоров, как тепловая аэросъемка, медицина и ветеринария, системы наблюдения и охраны, военная сфера.

#### ЛИТЕРАТУРА:

- 1) “Неразрушающий контроль и диагностика”: справочник. В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев, Под общ. ред. В.В. Клюева.
- 2)[http://www.avto-equip.ru/library/kontrol/kontrol\\_113.html](http://www.avto-equip.ru/library/kontrol/kontrol_113.html)
- 3)[http://www.welding.su/library/kontrol/kontrol\\_113.html](http://www.welding.su/library/kontrol/kontrol_113.html)

# СВЕТ И ЗВУК: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СРЕДЕ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.О. Горячева, В.Д. Сырцев*

*Рук.: ст. пр. Г.Е. Галуза, доц. В.К. Якуша*

Свет и звук – основные волновые явления, с которыми мы сталкиваемся в окружающем нас мире. Характер распространения этих волн в среде зависит от свойств самой среды. При этом очевидно, что световая или акустическая волна сама возмущает среду. Поэтому одновременное распространение в материальной среде света и звука приводит к взаимному влиянию на характер их распространения – акустооптическому взаимодействию.

Воздействие звука на среду представляет собой линейный эффект: под действием деформаций, переносимых звуковой волной, возникает пространственная модуляция оптических свойств среды, меняющаяся во времени со звуковой частотой, т.е. медленно по сравнению с периодом электромагнитных колебаний в световой волне.

Воздействие оптического излучения на акустические явления определяется нелинейными эффектами, поскольку частота света на много порядков превосходит звуковую частоту. Известны два механизма оптоакустических явлений. Один из них, динамический, обусловлен появлением в электрическом поле световой волны механических напряжений, пропорциональных квадрату поля волны. Второй представляет собой разогревный эффект: периодический локальный нагрев среды светом приводит за счет теплового расширения к возникновению в среде переменных механических напряжений (светотермоупругий эффект). Результатом обоих эффектов является генерация акустических колебаний в поле светового излучения.

Изучение взаимодействия света и звука началось с открытия Д. Брюстером и А. Зеебеком в начале 19 века упругого оптического эффекта – изменения показателя преломления среды под действием упругих деформаций. В 1880 г. А. Белл, В. Рентген и Д. Тиндаль одновременно опубликовали результаты исследований первого оптоакустического эффекта – генерации слышимого звука периодически повторяющимися световыми импульсами. В 1920-1930 гг. возник интерес к дифракции света на акустических волнах, связанный с изучением молекуляр-

ного рассеяния света. Опираясь на представление о тепловом движении атомов и молекул в конденсированной среде как о суперпозиции некогерентных акустических волн, Л. Бриллюэн и Л. Мандельштам выдвинули идею о рассеянии света вследствие дифракции его на неоднородностях показателя преломления, создаваемых такими волнами. Такое рассеяние было обнаружено экспериментально Е. Гроссом, Г. Ландсбергом и Л. Мандельштамом в 1930 году и получило название рассеяния Мандельштама-Бриллюэна

Стремительный прогресс оптики и акустики в наше время значительно расширил возможности для изучения взаимодействия света и звука. Получение с помощью оптических квантовых генераторов мощного когерентного излучения, совершенствование техники приема светового излучения, разработка методов генерации интенсивных акустических волн в широком диапазоне частот коренным образом изменило возможности и диапазон исследований.

Исследования последних лет связаны с другим оптоакустическим эффектом – генерацией звуковых волн за счет светотермоупругого эффекта: под действием периодически прерываемого светового излучения испытываемые тела начинают звучать. В основе этого лежит периодический нагрев тела и окружающей среды за счет поглощения падающего на него света. Вследствие периодически повторяющихся тепловых расширений эта область начинает генерировать звуковые волны. Светотермоупругий эффект был открыт сто лет назад и был воспринят как экзотический, не представляющий практического интереса. В наше время он привлек внимание исследователей при разработке нового направления спектроскопии – фотоакустической спектроскопии, основанной на измерении коэффициента поглощения света по интенсивности звуковых колебаний, возбуждаемых одулированным светом в специальной фотоакустической ячейке.

Особый интерес фотоакустическая спектроскопия представляет для биологии и медицины и уже с успехом применяется для исследования объектов, плохо пригодных для обычной спектроскопии.

#### Литература:

1. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. - М.: «Советская энциклопедия», 1979. – 400 с.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. - М.: Мир, 1980. – 680 с.

# ТРЕХМЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ КАК МЕТОД КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. В.А. Галаган*

*Рук. доц. А.Г. Лазаренко, асс. А.Н. Андреев*

Трехмерное сканирование - это современная перспективная технология, позволяющая контролировать и изучать объекты, имеющие сложную пространственную форму. Для получения информации о поверхности объекта в компьютерном виде используется трехмерный сканер, позволяющий получить объемное изображение, которое можно редактировать и анализировать с помощью компьютерных программ: 3D StudioMAX, Maya, Rhinoceros, SolidWorks и других пакетов.

Существует много подходов для бесконтактных методов измерения поверхностей объектов и способов восстановления трехмерного изображения, но часто они требуют сложного и дорогого оборудования. Альтернативой существующим методам является трехмерный сканер, представляющий собой недорогую систему, состоящую из лазерной указки, веб-камеры, специального экрана и компьютера с соответствующим программным обеспечением. Поэтому указанный метод сканирования получил широкое применение в промышленности, дизайне, искусстве, биометрических технологиях и медицине.

Алгоритм получения 3d модели реального объекта представлен на рис. 1. Основными преимуществами данного метода являются: сохранение пространственного масштаба компьютерной модели; высокая скорость получения изображения; бесконтактный принцип работы; мобильность. К недостаткам можно отнести сложность работы с объектами, которые содержат: слишком темные или светлые участки поверхности; резкие переходы от темного к светлому; прозрачные, зеркальные или бликующие поверхности; мелкие детали и острые углы; поверхности расположенные под значительным углом к направлению сканирования. При этом на точность сканирования оказывают влияния: настройка и шумы веб-камеры; точность алгоритмов обработки изображений и вычисления 3d координат; изменение температуры и деформация конструкции.



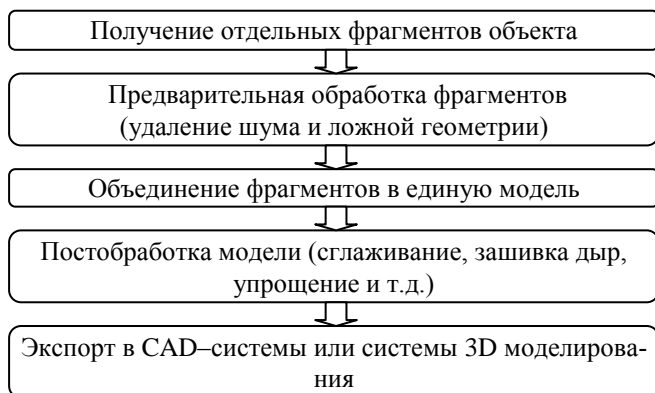


Рис.1. Блок схема алгоритма трехмерного сканирования.

Видя актуальность данной темы, нами был собран сканер с использованием программы обработки трехмерных изображений DAVID. Конструкция сканера, рассчитана на использование недорогого мало-мощного полупроводникового лазера в виде строительного уровня или любого источника освещения, который создает линию очень тонкого, но яркого света, веб-камеры не обязательно высокого разрешения, а также специального калибровочного двугранного прямого угла со специально нанесенными опорными изображениями в виде расположенных по определенной системе черных кругов и колец. Сканируемый объект помещают в калибровочный угол и, обеспечив максимально возможное затемнение, производят освещение объекта и опорных изображений лазерным лучом, сформированным в виде возможно более узкой прямой линии. Естественно, что неплоская рассеивающая поверхность объекта превращают эту линию в некую кривую, по форме которой программа и рассчитывает его цифровое трехмерное изображение. В качестве лазера использовалась лазерная указка мощностью 10мВт с формирователем плоского луча в виде цилиндрических линз. В результате мы освоили методику сканирования и получения трехмерных изображений объектов. В перспективе стоит задача собрать систему, которая бы позволила улучшить качество, получаемых изображений. А также, разобраться с методикой нахождения различий в геометрии нескольких изделий одинаковой формы, с последующей возможностью контроля допустимых отклонений в этих изделиях.

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ СОГЛАСУЮЩЕЕ  
УСТРОЙСТВО**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

**Ст.: А. Резниченко, А. Силади**  
**Рук. ст. пр. А.Е. Андреев**

Согласующие антенные устройства (САУ) предназначены для согласования входного сопротивления антенны с выходным сопротивлением усилителя мощности. В современных приемопередатчиках САУ работают, как правило, в автоматическом режиме.

Система автоматической настройки САУ должна решать две задачи: настроить антенный контур в резонанс с рабочей частотой и подобрать оптимальную связь между антеннами и промежуточными контурами передатчика, при которой мощность в антенне будет максимальной.

Данное устройство представляет собой полностью автоматический антенный тюнер, построенный по Г-образной схеме с применением переменной индуктивности и переменной ёмкости, выполненных в виде двоичной матрицы с релейной коммутацией. Блок управления выполнен на микроконтроллере PIC16F676. Силовой и управляющий блоки имеют оптронную гальваническую развязку.

Алгоритм процесса настройки - двухпроходной. В основу алгоритма заложен поиск тенденции к улучшению коэффициента стоячей волны (КСВ) в процессе настройки с перебором вариантов направлений настройки. В процессе настройки происходит постоянный поиск и запоминание наилучшего результата. КСВ рассчитывается по формуле:

$$\text{КСВ} = \frac{U_{\text{пад}} - U_{\text{отр}}}{U_{\text{пад}} + U_{\text{отр}}} \times 40(\text{hex}).$$

Таким образом, КСВ 1:1 соответствует значению 40(hex) или 64(hex). С ухудшением КСВ это значение уменьшается. Благодаря использованию такого алгоритма, удалось сократить время настройки до нескольких секунд. Использование же прямо линейного алгоритма настройки, например, при затрате 0,1 сек на каждый шаг, заняло бы  $65536 \times 0.1$  сек, что составляет примерно 1,5 часа!

Второй проход, предназначен для достижения более высокого качества согласования или же для согласования в особо сложных случаях. В режиме второго прохода алгоритм настройки принципиально не меняется, добавляется лишь большее количество вариантов настройки. Значение уровня КСВ меняются в диапазоне 0...40(HEX). При этом значение 40h - соответствует КСВ 1:1, а значение 1h - соответственно КСВ 1:63. Нулевой результат блокирован программно на этапе проверки деления на ноль при расчете КСВ.

Тюнер имеет 16 ячеек энергонезависимой памяти для записи наиболее удачных результатов настройки. На каждый результат отводится по три ячейки: значение С, значение L, и направление подключения С. Этот режим так же управляем. Такая особенность значительно сокращает время настройки путём перебора вариантов настроек из памяти и анализа значений КСВ. Если при этом достигается хороший результат (это значение можно задавать), то процесс настройки на этом прекращается, в ином же случае автоматически запускается полная процедура автонастройки. И если разрешена работа с памятью, то очередной хороший результат настройки, автоматически запишется в очередную свободную ячейку энергонезависимой памяти. Работа с памятью организована таким образом, что в ней хранятся последние 16 хороших результатов настройки, более поздний же результат стирается и заменяется новым.

Тюнер снабжён системой автоматического аттенюатора на входе АЦП процессора, для предотвращения возможных выходов измеряемых напряжений за пределы нормальной работы АЦП. Аттенюатор имеет три ступени. АЦП 10-ти разрядный, с максимальным количеством отсчётов 1024.

Силовой и управляющий блоки собраны на отдельных платах. Схемы блоков приведены на рисунке 1 и рисунке 2.

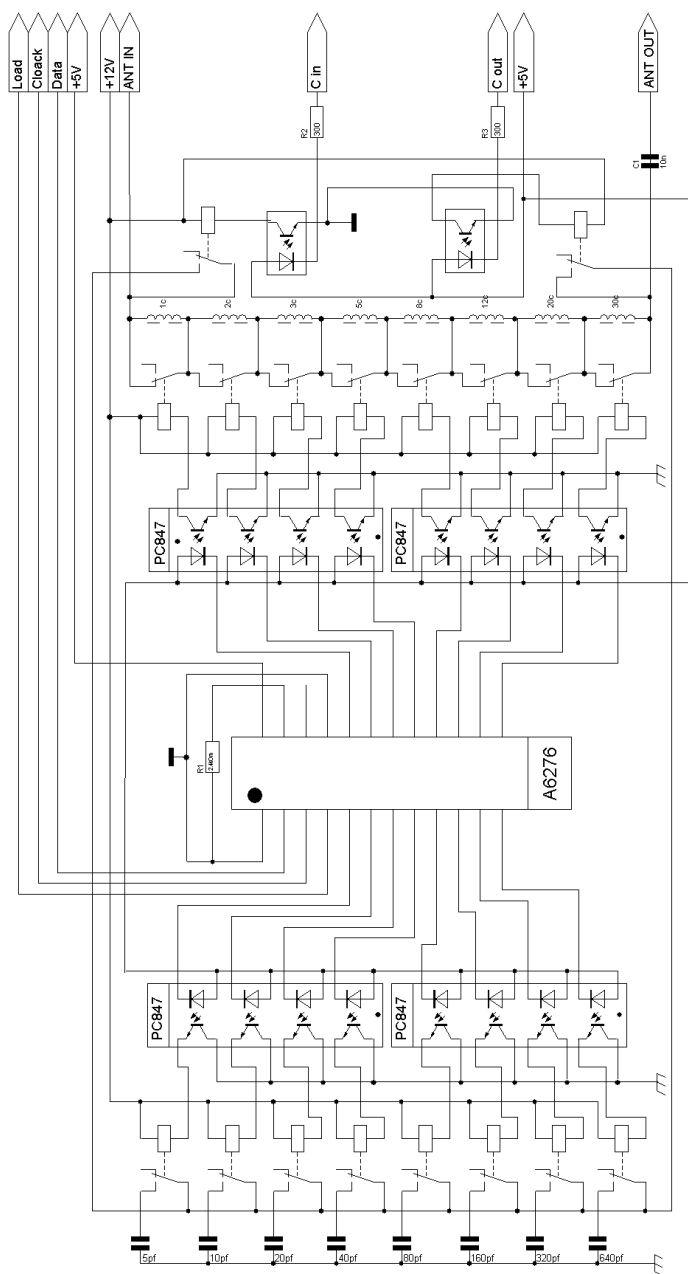


Рисунок 1 - Схема электрическая принципиальная блока управления



# ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РАДИОЛОКАТОРА С ШУМОПОДОБНЫМ ЗОНДИРУЮЩИМ СИГНАЛОМ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А. Паливода*

*Рук. проф. В.А. Пуляев*

В ходе исследований было произведено программное моделирование штатного режима работы радиолокатора с шумоподобным зондирующим сигналом, работающего при непрерывном его излучении (рисунок 1). Целью моделирования было исследование эффективности корреляционных алгоритмов определения дальности до цели, суть которых состоит в измерении времени запаздывания  $t_D$  сигнала. Преимущество данного принципа измерения дальности состоит в использовании этого специфического сигнала, обладающего одnogорбой автокорреляционной функцией. Кроме того, подобный сигнал труднее разведать противнику, так как сигнал похож на собственный шум разведывательного приемника.

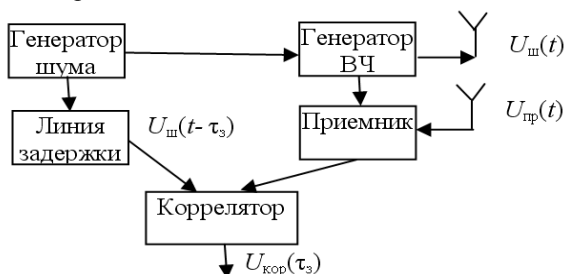


Рисунок 1. Схема радиолокатора с шумоподобным сигналом

Расчет координаты дальности состоит в поочередном вычислении в каждой радиолокационной развертке дальности коэффициентов корреляции между опорным (излученным)  $U_{ш}(t)$  и принятым с некоторой задержкой шумоподобным сигналом  $U_{пр}(t)$  и поиске месторасположе-

ния коэффициента, имеющего наибольший размах по амплитуде. При этом количество вычисляемых ординат зависит от величины шага при сдвиге элементов опорного сигнала по отношению к отраженному. Общее число шагов должно отслеживать максимально возможную задержку принятого сигнала (что эквивалентно максимально возможной дальности  $D$  до цели).

Точность и достоверность оценки параметра  $D$  значительно повышается, если применять статистическое усреднение результатов вычислений коэффициентов корреляции в течение некоторого временного интервала  $T$ . Для обработки сигнала используется коррелятор – устройство, предназначенное для перемножения выходного сигнала приемника  $U_{\text{пр}}(t)$  с задержанным излученным напряжением  $U_{\text{ш}}(t - \tau_3)$  и для интегрирования результата перемножения за некоторое время наблюдения  $T$  [1,2]:

$$U_{\text{кор}}(\tau_3) = \int_0^T U_{\text{пр}}(t) U_{\text{ш}}(t - \tau_3) dt.$$

Задержка в линии  $\tau_3$  плавно изменяется, при этом фиксируется выходное напряжение коррелятора, которое варьируется случайным образом (рисунок 2). При  $\tau_3 = t_D$  выходное напряжение коррелятора будет иметь выброс, резко превышающий остальные составляющие, что и служит информацией о наличии в пространстве облучаемой цели.

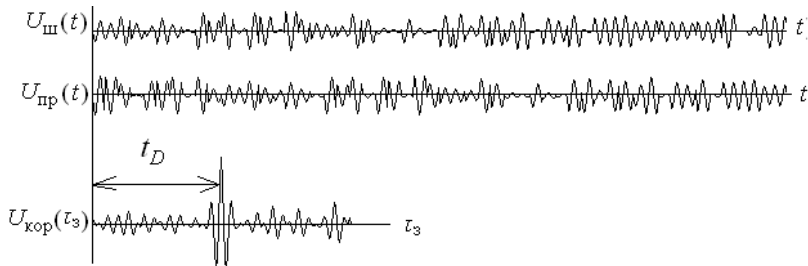


Рисунок 2. Эпюры сигналов на входе и выходе коррелятора

#### Литература:

1. Пестряков В. Б., Кузнецов В.Д. Радиотехнические системы. – М.: Радио и связь. – 1985.
2. Филькельштейн М. И. Основы радиолокации. – М.: Радио и связь. – 1983.





## **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ** **ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР** **(ДУМОУЛАВЛИВАТЕЛЬ)**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

**Ст.: М.В. Кривонос, А.Р. Молодцова, А.В. Маркианович**

**Рук.: ст. пр. И.В. Галушак, ст. пр. С.С. Кривонос**

Электростатический фильтр способен задерживать самую мелкую пыль с размером частиц от 0.01 мкм, в том числе табачный дым и копоть. «Поймать» частицы такого размера с помощью механического устройства почти невозможно, поэтому в электростатических фильтрах на помощь приходит сила, которая притягивает электрические заряды противоположных знаков.

Опыт демонстрирует поведение диполя в неоднородном электростатическом поле. Для проведения опыта требуются:

Дымоулавливатель, представляющий собой стеклянный цилиндр, внутри которого укреплены два металлических конуса (электрода) остриями навстречу друг другу. Электрофорная машина или источник высокого напряжения и источник дыма. Соединительные провода.

Электроды дымоулавливателя присоединяют к кондукторам электрофорной машины. Открыв кран, заполняют камеру дымоулавливателя через трубку дымом. Приводят в действие электрофорную машину. При ее работе между остриями конуса возникает неоднородное электрическое поле.

Примечание: перед опытом внутреннюю поверхность цилиндра протирают спиртом.

При подаче между электродами высокого напряжения от электрофорной машины камера дымоулавливателя быстро очищается от дыма. Твёрдые частицы дыма, поляризуясь в электростатическом поле, ведут себя как маленькие электрические диполи. Поле внутри цилиндра неоднородное, что объясняется конической формой электродов. Диполи в неоднородном поле втягиваются в область более сильного поля, поэтому частицы дыма движутся к остриям электродов и оседают на них.

Электростатические методы очищения газов от пыли используются в различных технологических процессах. Современный электрофильтр на металлургическом заводе улавливает несколько десятков тон пыли на сутки.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИЧЕСКИХ ИЛЛЮЗИЙ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст. А.В. Демченко*

*Рук. доц. Ю.В. Меньшов*

**Иллюзии** - это искаженное восприятие реально существующих предметов и явлений. Они подразделяются на физиологические, физические и психические. **Оптические иллюзии** - ошибки в зрительном восприятии, вызванные неточностью или неадекватностью процессов неосознаваемой коррекции зрительного образа (лунная иллюзия, неверная оценка длины отрезков, величины углов или цвета изображённого объекта, иллюзии движения, «иллюзия отсутствия объекта» — баннерная слепота, и др.), а также физическими причинами («сплюснутая Луна», «сломанная ложка» в стакане с водой). Причины оптических иллюзий исследуют как при рассмотрении физиологии зрения, так и в рамках изучения психологии зрительного восприятия. При физиологических иллюзиях искажение восприятия связано с особенностями функционирования органов чувств. Например, при иллюзии Мюллера две одинаковые линии с разнонаправленными разветвленными концами кажутся человеку различными по длине. Физические иллюзии обуславливаются объективными свойствами окружающей среды. Так, чайная ложка в стакане с водой кажется переломленной. Здесь искажение восприятия объясняется тем, что мы наблюдаем предмет в различных средах преломления, т. е. физическими законами. **ИЛЛЮЗИИ ОПТИЧЕСКИЕ** (зрительные иллюзии) - свойственны здоровому зрительному аппарату, чем они отличаются от галлюцинаций. Известно более сотни зрительные иллюзии, но общепринятой классификации их нет; убедительных объяснений большей части их также пока не существует. По механизму возникновения иллюзии можно разделить на такие, которые возникают благодаря несовершенству глаза как оптич. прибора и на те за возникновение которых ответствен весь зрительный аппарат, включая его мозговые отделы. К первым относятся кажущаяся лучистая структура ярких источников малого размера, например, звезды; наблюдаемые иногда радужные кромки предметов из-за неисправленного хроматизма хрусталика и т. п. Подавляющая часть оптических иллюзий принадлежит ко второй группе, т. е. их возникновение связано с особенностями обработки зрительной информации на различных. этапах зрительного восприятия. Первым этапом этой обработки считается выделение сигнала из фона, и ошибки восприятия, связанные с ним, можно отнести к оптическим иллюзиям

(оптический обман). На существовании таких иллюзий основано применение защитной окраски при маскировке, которая широко распространена в животном мире (мимикрия). С процессом выделения сигнала из фона, а также и со следующим этапом - с классификацией сигналов связаны оптические иллюзии, в которых структурный или сплошной фон приводит к ошибкам выявления фигур или к ошибкам оценки их параметров (яркости, формы, взаимного расположения см. рис. 1).

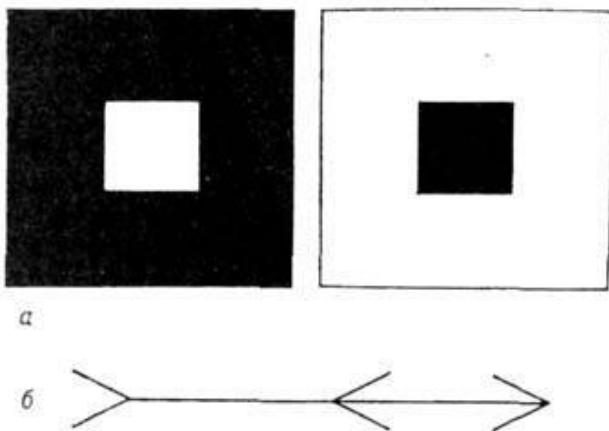


Рис. 1. Примеры ошибок в оценке характеристик объектов: а - иллюзия иррадиации: белый квадрат кажется больше равного ему чёрного; б - стрелы Мюллера - Лиера: отрезки равны, хотя кажутся неравными.

Наконец, распространены оптические иллюзии, связанные с ошибками в третьем этапе обработки зрительной информации - в оценке характеристик рассматриваемых объектов (площади, длины, углов, цвета; а также с перспективными искажениями; часто возникает т. н. иллюзия иррадиации, т. е. кажущееся увеличение размеров светлых предметов сравнительно с равными им тёмными.

Психические иллюзии (их называют также аффективными или эмоциональными) связаны с изменением чувственной сферы человека. В частности, на фоне ощущения страха обычные предметы воспринимаются как устрашающие образы, а слабый треск - как громкий выстрел.

1. Артамонов И. Д., Иллюзии зрения, 3 изд., М., 1969;
2. Толанский С., Оптические иллюзии, пер. с англ., М., 1967;
3. Грегори Р. Л., Разумный глаз, пер. с англ., М., 1972;
4. П.Дёмин Физические эксперименты и психологические иллюзии, М., 2006.;

## ПАРАДОКС БЛИЗНЕЦОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. И.И. Модянова*

*Рук.: доц. Л.Г. Петренко, доц. Н.Л. Дьяконенко*

В будущем году исполняется 100 лет "*Парадоксу часов*". Он был сформулирован в 1912 году французским физиком Полем Ланжевром (через 7 лет после создания специальной теории относительности - СТО) и указывает на некоторые "противоречия" в использовании релятивистского эффекта замедления времени. Придание парадоксу наглядной истории космического путешествия сделало его популярным. Более известное название "*парадокса часов*" - "*парадокс близнецов*". В течение 100 лет парадокс близнецов был источником вдохновения и интереса для изучающих теорию относительности [1-5].

Представим себе, что какой-нибудь межзвёздный корабль (например, фотонная ракета) отправляется с Земли в сторону звезды Альдебаран, расстояние до которой примерно 50 световых лет. Ракета летит со скоростью, близкой к скорости света в вакууме:  $v \approx 0,995c$  ( $c=3 \cdot 10^8$  м/с). На путешествие "туда", естественно, затрачивается примерно 50 лет и столько же на возвращение "обратно". Согласно СТО процессы в движущейся ракете протекают медленнее, чем на Земле:

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

где  $\tau_0$  - время полёта ракеты, отсчитанное по часам в ракете,

$\tau$  - время полёта ракеты, отсчитанное по часам на Земле.

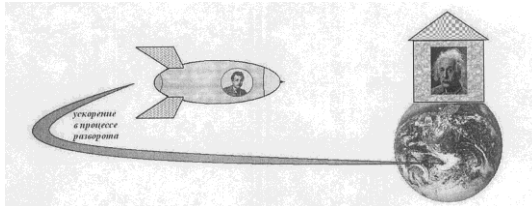
При  $v \approx 0,995c \rightarrow \tau_0 \approx 0,1\tau$ . То есть  $\tau_0=5$  лет, и astronautам покажется, что путешествие продолжалось 5 лет "туда" и 5 лет "обратно".

Итак, отважный astronaut возвратится на родину, состарившись всего на 10 лет, а его брат-близнец вряд ли доживёт до такого радостного события, ведь на Земле к этому моменту пройдёт 100 лет. И всё это может быть разумно объяснено законами релятивистской физики.

Парадокс возникает при попытке описания результатов межзвёздного путешествия в системе отсчёта, связанной со звездолётом. С точки зрения astronautа время должно течь медленнее не на ракете, а на Земле, которая движется относительно ракеты с той же по модулю скоростью  $v \approx 0,995c$ , хотя и в противоположном направлении.

Решение этой проблемы Эйнштейн объяснял тем, что системы отсчёта, связанные с Землёй и ракетой, неравноправны – одна из них

не является инерциальной. Если бы они обе двигались равномерно и прямолинейно, то никогда бы не встретились, а судить о "возрасте" на расстоянии невозможно, поскольку не существует для всех систем понятия одновременности. В момент разворота, когда космический брат решает вернуться на Землю, звездолёт приобретает ускорение, а его система отсчёта, становится неинерциальной. К неинерциальным системам отсчёта неприменимы выводы СТО.



Парадокс близнецов – это недоразумение, возникающее из неверного предположения, что относительными являются все виды движения. Выводы СТО, что в движущейся системе время течёт медленнее, применимы только к инерциальной системе отсчёта (в данном случае к Земле). Результат с точки зрения космического брата описывается более сложными законами общей теории относительности (ОТО), созданной А.Эйнштейном в 1918 году, и объясняется влиянием [гравитационного поля](#) на ход времени. Расчёт на основе ОТО приводит к такому же результату замедления времени в движущейся системе только с некоторыми количественными уточнениями [3].

Парадоксом близнецов часто также называют сам вывод теории относительности о том, что один из близнецов состарится сильнее другого. Хотя такая ситуация и необычна, в ней нет внутреннего противоречия. Такая длительность полёта могла бы подтвердиться вполне объективными данными – показаниями хронографов, распадом радиоактивных препаратов, расходом пищи, износом машин, старением организмов и т.д. Многочисленные эксперименты по удлинению времени жизни элементарных частиц и замедлению хода макроскопических часов при их движении подтверждают выводы теории относительности. Это даёт основание утверждать, что замедление времени, описанное в истории с близнецами, произойдёт и при реальном осуществлении этого мысленного эксперимента.

История появления тех или иных объяснений парадокса и придания ему новых форм не прекращается до настоящего времени.

- [1] Девис П. Пространство и время в современной картине Вселенной. М.: Наука, 1979.
- [2] Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания. М.: ПРИОР, 2003.
- [3] Соколовский Ю.И. Начала теории относительности. Новосибирск: ЗСКИ, 1967,
- [4] Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Просвещение, 1990.
- [5] [www.wikipedia.org.ru/](http://www.wikipedia.org.ru/) "Парадокс близнецов".

## ОСМОТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ (СОЛЕННЫЙ КИЛОВАТТ)

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. В. Игнатьев  
Рук.доц. Е.Н. Подъячая*

Запасы ископаемых источников энергии (каменного угля, нефти и газа) не только ограничены, но, главное, их разработка, добыча и использование наносят большой вред окружающей среде, экосистеме и биосфере в целом. Поэтому в последние десятилетия перед учеными всего мира стоит проблема поиска и разработки новых альтернативных источников энергии, особенно возобновляемых источников энергии, наносящих минимальный вред окружающей среде. Энергия ветра, солнца, приливов и отливов, как альтернативная энергия, используется во многих странах мира достаточно широко. Но есть и еще один вид альтернативной возобновляемой энергии – осмотическая энергия. Осмотическая энергия – это энергия, получаемая в результате осмоса, т.е. процесса диффузии растворителя из менее концентрированного раствора в более концентрированный. Представим себе сосуд, разделенный перегородкой из стекла, в разные половинки которого налиты чистая вода и соляной раствор. Очевидно, что диффузия между жидкостями происходить не будет, т.к. перегородка непроницаема ни для молекул воды, ни для молекул соли. Если же перегородку заменить на полупроницаемую, способную пропускать воду (растворитель) и не пропускать более крупные молекулы растворенного вещества (соли), то молекулы растворителя будут перемещаться в обе стороны, но больше молекул будет переходить от растворителя к раствору, а молекулы растворенного вещества перемещаться не будут. Если такая мембрана разделяет раствор и чистый растворитель, то концентрация растворителя в растворе оказывается менее высокой, поскольку там часть его молекул замещена на молекулы растворенного вещества. Соответственно, объём раствора увеличится т.е. возникнет значительная однонаправленная сила, которую французский физик-экспериментатор Нолле, впервые обнаруживший это явление, назвал осмотическим давлением (рисунок 1).

Выравнивание концентраций раствора по обе стороны мембраны, возможно лишь при односторонней диффузии растворителя. Поэтому

осмос всегда идет от чистого растворителя к раствору. Причем для работы осмотической электростанции не требуются специальные инженерные сооружения: печи, реакторы, плотины, градирни. Первая в мире электростанция на осмосе расположилась в пустующем складе деревоперерабатывающего завода.

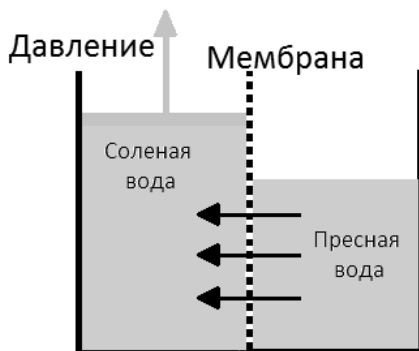


Рисунок 1

В наши дни норвежская компания Statkraft (лидер европейского рынка экологически чистой энергетики), нашла способ превратить осмотическое давление в электричество, причем новая технология - единственная, способная извлекать джоули из естественной разницы содержания минеральных солей в пресной и морской воде, а не из кинетической энергии их движения. В отличие от капризного ветра, прибоя и солнца, процессы

осмоса не останавливаются ни на секунду 24 часа в сутки круглый год.

Принципиальная схема этого процесса очевидна: поток пресной (речной) воды, проникающий сквозь поры мембраны, наращивает давление в резервуаре с морской водой, что приводит к увеличению объема в отделении с соленой водой.

В результате образуется повышенное давление, которое создает напор, эквивалентный воздействию водяного столба высотой 120 метров. Этот напор подается на турбину, вращающую генератор (рисунок 2). Затем отработанная солоноватая вода выбрасывается в море.

Разница между соленостью (по-научному - градиент солености) пресной и морской воды - базовый принцип работы осмотической электростанции. Чем она больше, тем выше объем и скорость потока на мембране, а, следовательно, и количество энергии, вырабатываемой гидротурбиной. Проблема была лишь в том, что мембраны были слишком дороги, капризны и не обеспечивали необходимой мощности потока. Кроме того требовался первичный фильтр грубой очистки и мощный насос, сбивавший мусор с рабочей поверхности мембраны.

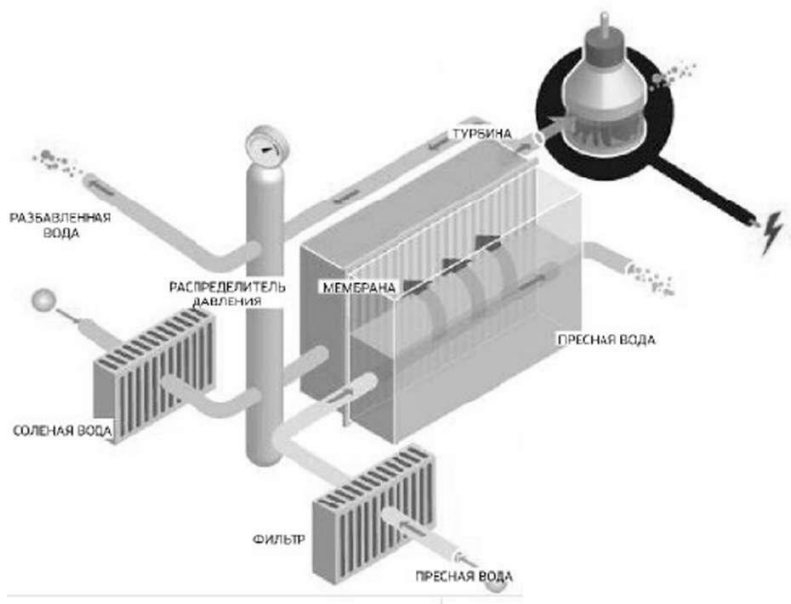


Рисунок 2

Прорыв в мембранной технологии наступил тогда, когда были задействованы методы, используемые NASA для очистки воды и утилизации отходов на космических станциях.

В результате были созданы спиральные полиамидные мембраны, использующие биологические методы очистки.

Первая в мире осмотическая электростанция, позволяющая получать электроэнергию из разности концентрации соли в пресной и в соленой воде, была построена в Норвегии на берегу залива вблизи Осло (пос. Тофте) и запущена в ноябре 2009 года.

В Тофте работают мембранные системы (модули), представляющие собой рулоны, заключенные в цилиндрические конусы (рисунок 3). В их многослойной структуре чередуются слои пресной и соленой воды. Их производительность составляет 2-3 Вт на 1 м<sup>2</sup> при диффузии 10 л пресной воды в секунду под давлением 10 бар. В ближайшем будущем фирма-разработчик планирует повысить производительность модулей до 5 Вт на 1 м<sup>2</sup>, что позволит вывести станцию на полноценный 25-мегаваттный уровень. В Тофте пресная вода самотеком поступает на мембрану, в результате осмоса давление морской воды по ту



сторону резко возрастает. Далее полученная разбавленная морская вода устремляется через распределитель давления на лопатки турбины и, отдав им свою энергию, выбрасывается в море. Распределитель давления отбирает часть энергии потока, раскручивая насосы, закачивающие морскую воду.

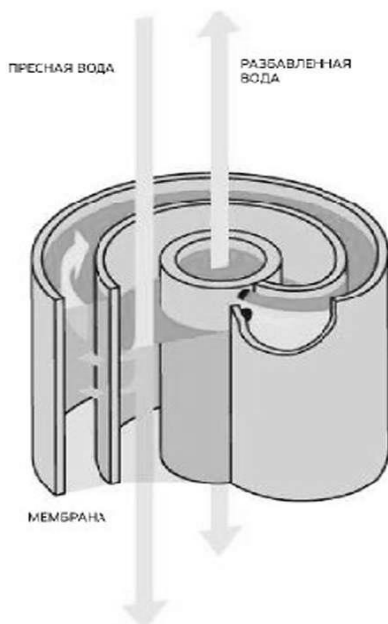


Рисунок 3

Таким образом, удастся значительно повысить эффективность работы станции. Забор морской воды осуществляется в Тофте с глубин от 35 до 50 м - в этом слое ее соленость оптимальна. Кроме того, там она значительно чище, чем у поверхности. Но, несмотря на это, мембраны станции требуют регулярной чистки от забивающих микропоры органических остатков. В будущем использование тандема из осмотической электростанции и опреснительных установок (использующих сбрасываемую соленую воду и работающих на так называемом обратном осмосе) позволит повысить эффективность выработки электроэнергии еще в два раза.

Осмотическая электростанция в Норвегии является опытным образцом, задачей которого является исследование и разработка технологий для коммерческого применения нового вида возобновляемой энергии – осмотической энергии.

Ведь мировой потенциал осмотической энергии оценивается учеными в 1600-1700 ТВт·ч энергии ежегодно, что эквивалентно 50% полного производства энергии в Европейском союзе.

Литература.

Популярная механика. №1, 2011г.

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫВОДОВ ТРАНЗИСТОРОВ

*Ст. А.С. Зубович*

*Рук.: доц. Е.Н. Подъячая, ст. пр. Т.В. Абрамова*

Как известно, транзисторы (полупроводниковые триоды) – это устройства, использующие свойства р-п переходов для усиления и генерирования электрических колебаний.

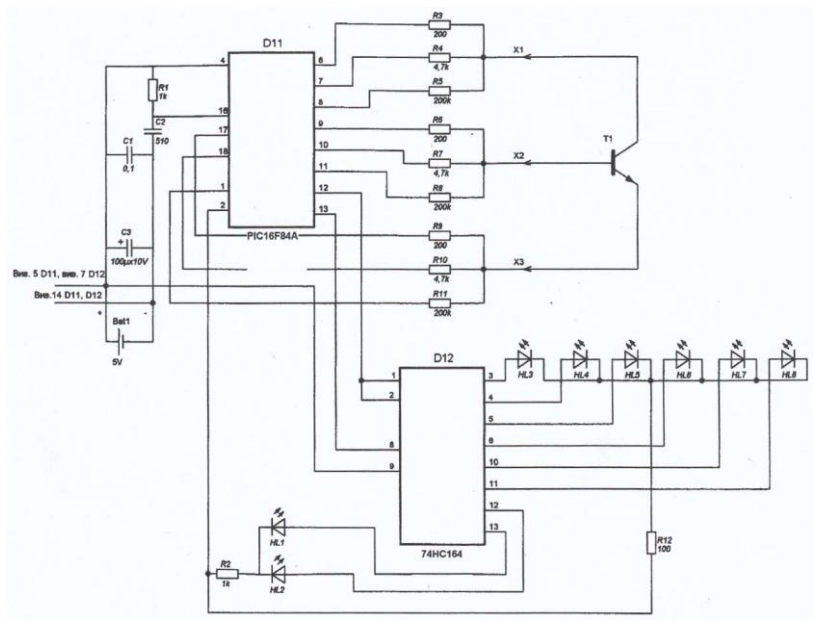
У каждого радиолюбителя найдется немало транзисторов, опознать которые не удастся из-за отсутствия или повреждения маркировки на корпусе, или, если вместо полного наименования на приборе нанесены цветные точки и условные коды, значения которых не найдешь в справочниках. Причем большинство этих транзисторов вполне пригодны для использования. Однако необходимо знать, как минимум, структуру транзистора (n-p-n или p-n-p) и назначение его выводов.

Используя схему тестирования транзисторов, приведенную на рисунке 1, автор собрал компактное устройство для определения структуры и назначения выводов неизвестного транзистора. Это устройство содержит микроконтроллер и работает в автоматическом режиме, что значительно упрощает и ускоряет процесс классификации транзисторов, отличающий его от аналогов, работающих в ручном режиме. Для работы микроконтроллерного определителя достаточно в произвольном порядке подключить выводы транзистора к зажимам микроконтроллера.

Принцип действия определителя транзисторов основан на том, что на любом из выводов микроконтроллера, настроенном как выходной, может быть программно установлен высокий (близкий к напряжению питания) или низкий (близкий нулевому) уровень напряжения. Вывод можно программно перевести и в высокоимпедансное состояние, в котором его выходные узлы фактически отключены от внешних цепей. Напряжение, поданное на такой вывод извне, микроконтроллер воспринимает как имеющее высокий (если оно больше приблизительно половины напряжения питания) или низкий (если оно меньше этого значения) уровень.

Для проверки каждый вывод проверяемого транзистора соединяют через резисторы разных номиналов с несколькими выводами микроконтроллера. Программа изменяет уровни напряжения на них, одно-

временно анализируя уровни напряжения непосредственно на выводах транзистора. При этом транзистор может быть включен как по схеме с общим эмиттером, так и по схеме с общим коллектором. Как уже было сказано, выводы и зажимы могут быть соединены в любом порядке. Проверив согласно программе все 12 вариантов подключения транзистора методом перестановок выводов для каждой из двух возможных структур и приняв решение, микроконтроллер DD1 выдает результат с помощью двух светодиодов, один из которых покажет структуру проверяемого транзистора, а второй - подключение его выводов к зажимам



Принципиальная схема тестирования транзисторов

Рисунок 1.

# МЕТОД РАСЧЕТА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ УЧАСТКА ТРУБЫ ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ, В КОНЦЕ КОТОРОГО СКОРОСТЬ ПОТОКА РАВНА СКОРОСТИ ЗВУКА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. О.И. Теплинская  
Рук. д.т.н. А.В. Бойко*

**Движение в канале постоянного сечения с трением. Линия Фанно** изображает процесс течения в трубе постоянного сечения с трением в  $i$ - $s$  диаграмме. Критическое давление при течении с трением не равно критическому давлению при изэнтропийном движении, хотя критические скорости в обоих случаях одинаковы. При построении линии Фанно мы не используем уравнение количества движения. Опыт показывает, что режимы со сверхзвуковой скоростью на входе в трубу оказываются неустойчивыми и процесс идёт с образованием скачков уплотнения. (Рис.1)

**Движение в канале постоянного сечения с тепловым воздействием.** Будем рассматривать процесс без трения, но с изменением заторможенной энтальпии или температуры торможения. Такой процесс трудно достичь на практике. Если температура торможения возрастает или падает вследствие теплообмена с внешней средой, связь механизмов трения и теплопередачи обеспечивает наличие трения. Именно такой процесс описывает линия Релея (Рис. 2). При построении **линии Релея** мы не пользовались уравнением энергии и переход от одного состояния в другое вдоль линии Релея возможен только с помощью теплообмена.

Рассмотрим одномерное течение сжимаемой жидкости с трением в теплоизолированной трубе с постоянной площадью поперечного сечения. В данном случае единственным воздействием является трение, т.е. воздействие силы.

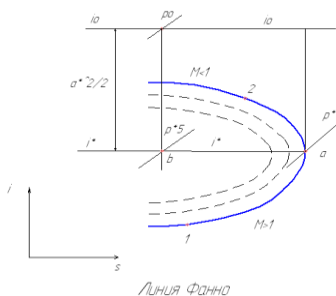


Рис. 1

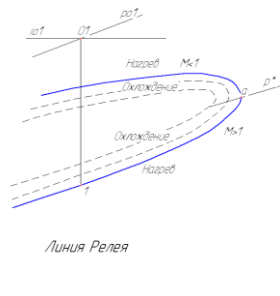


Рис. 2

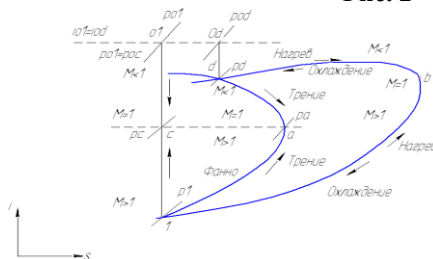


Рис. 3

На рис. 3 показаны скачки дозвуковые и сверхзвуковые тепловые скачки. Рассмотрим одномерное течение сжимаемой жидкости с трением в теплоизолированной трубе с постоянной площадью поперечного сечения. В данном случае единственным воздействием является трение, т.е. воздействие силы. В данной работе я должна была построить эти две прямые, используя при построении этих кривых такие уравнения: уравнение энергии, уравнение расхода, уравнение изменения количества движения, уравнение состояния, коэффициент трения, число Маха, уравнение энергии идеального газа, уравнение неразрывности, газодинамическая функция для давления при одномерном адиабатическом потоке. Также были проведены расчеты для их точного построения. Мною были проведены еще одни расчеты для построения зависимости  $\lambda$  (коэффициент скорости) от коэффициента  $4 \cdot (k/k+1) \cdot f^*(x/D)$ . Эта зависимость показана на рис. 3. Из рис. 4 следует, что если  $\lambda_0 < 1$ , то поток ускоряется. На некотором расстоянии, которое называется критической длиной трубы, поток достигает критической скорости  $\lambda = 1$ . Если критическая скорость достигнута, то критическое сечение обязательно должно совпадать с выходным сече-

нием трубы, так как поток не может стать сверхзвуковым без изменения знака воздействия (а сила трения всегда направлена против течения). При дозвуковом течении давлением и температура газа вдоль трубы уменьшаются. Падение давления вызвано сопротивлением трубы. Скорость вдоль трубы растет, так как растет объемный расход вдоль трубы из-за уменьшения плотности газа. Точка А соответствует критическим параметрам и, следовательно, критическому расходу трубы. При этом  $p_*$  не равно  $p_t^*$ . До линии  $h_*$  находится сверхзвуковой поток и соответственно сверхзвуковая скорость.

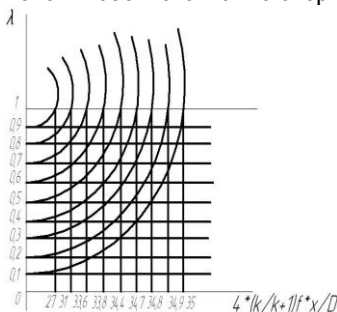


Рис. 4

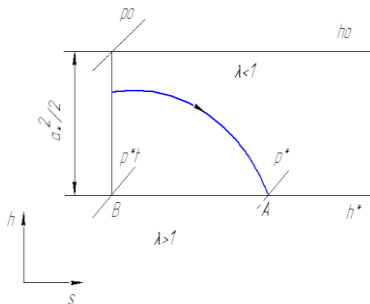


Рис. 5

Все эти предварительные расчеты и построения можно использовать на практике. **Пример решения задачи:**

воздух течет через суживающееся сопло, соединенное с теплоизолированной трубой диаметром  $D$ . На входе в трубу  $M_1=0,5$ . Коэффициент трения  $f=0,015$ . Найти относительную критическую длину трубы  $x/D$ , то есть максимальную возможную при условии, в выходном сечении возникает критическая скорость.

$$\frac{dM^2}{M^2} = \frac{kM^2(1 + \frac{k-1}{2}M^2)}{(1-M^2)} 4f \frac{dx}{D} \quad \text{Находим сюда} \quad \frac{dx}{D} = \frac{(1-M^2)}{kM^3(1 + \frac{k-1}{2}M^2)} \frac{dM}{2f}$$

$$\text{Берем интеграл} \quad \int_0^{l^*} \frac{dx}{D} = \frac{l^*}{D} = \frac{1}{2kf} \int_{0.5}^1 \frac{(1-M^2)}{M^3(1 + \frac{k-1}{2}M^2)} dM$$

Интеграл можно взять численно. Учитывая  $\Delta M = 0,1$ , зап. табл.

M	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
x/D	0	36,3	36,4	36,47	36,5	36,51

# СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ КВАНТОВЫЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. К. Беспалов  
Рук. доц. Т.И. Храмова*

СКВИД – прибор, представляющий собой сверхпроводящее кольцо с четырьмя выводами, которые служат для подачи тока и съема напряжения. Для работы СКВИДа существенны два явления – стационарный эффект Джозефсона и явление сохранения и квантования магнитного потока в сверхпроводящем кольце. В кольце есть одно или два слабых звена.

Во внешнем магнитном поле сверхпроводящее кольцо со слабым звеном ведет себя следующим образом: если увеличивать внешний поток, то магнитный поток через кольцо тоже немного увеличивается, сверхпроводящий ток кольца не может полностью экранировать внешнее поле. Затем наступает момент, когда этот сверхпроводящий ток превышает критический ток слабого звена, оно переходит в нормальное состояние, один квант потока проникает внутрь кольца, экранирующий ток резко падает, слабое звено вновь переходит в сверхпроводящее состояние, и кольцо вновь начинает сопротивляться дальнейшему нарастанию внешнего магнитного поля.

На основе СКВИДов и контактов Джозефсона созданы измерительные приборы – чувствительные вольтметры, измерители магнитной восприимчивости, низкотемпературные термометры (для диапазона температур  $10^{-6}$  –  $10^1$  K), детекторы электромагнитного излучения и многие другие. Магнитный контроль с помощью СКВИДов может регистрировать возникновение пластической деформации, предшествующей образованию трещин.

Скви́ды широко применяются в медицинских исследованиях для регистрации магнитных сигналов от органов человеческого тела.

# МЕТОД СВОБОДНОГО МОЛЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТЕКОЛ СО СЛОЖНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д. Петров  
Рук. доц. Т.И. Храмова*

Моллирование стекла – это процесс, основанный на способности стекла при увеличении температуры (до 800 – 900<sup>0</sup> С) изменять свои свойства и принимать форму, заданную чашей.

Процесс моллирования осуществляется в температурно-вязкостной области собственно формования, т.е. в условиях, когда стекло сохраняет способность к течению и пластической деформации, в предельном интервале вязкости от 10<sup>5</sup> Па·с до 10<sup>6</sup> Па·с.

Метод свободного моллирования основан на том, что под действием силы тяжести при высоких температурах в стекломассе развивается гидростатическое давление и она приобретает способность к прогибанию. Однако, недостатком этого метода является то, что он пригоден для изготовления изделий размером до 100 мм, толщиной до 2 мм и небольшой стрелой прогиба.

В тех случаях, когда необходимо получить изделие размером до 300 мм и толщиной до 5- 7 мм со сложной образующей поверхностью используют вакуумное моллирование. Вакуум позволяет придать стеклинной пластине точные контуры формующей чаши в виде полушеры, параболы, эллипсоида.

Стекла с такой формой поверхности используются в военной технике (колпаки для истребителей, работающие на высоте 1500 – 1800 км), в международных исследовательских программах («имитатор Солнца»), и т.д.



# **НАНОТЕХНОЛОГИИ СЕГОДНЯ И ПРОГНОЗ ИХ РАЗВИТИЯ В БУДУЩЕМ**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»***

***Ст.: Г.Н. Оберемок, Е.Н. Креспкая***

***Рук.: доц. В.К. Якуша, доц. В.И. Белозерцева***

В настоящее время, наноматериалы используют для изготовления защитных и светопоглощающих покрытий, спортивного оборудования, транзисторов, светоиспускающих диодов, топливных элементов, лекарств и медицинской аппаратуры, материалов для упаковки продуктов питания, косметики и одежды. Наноприемеси на основе оксида церия уже сейчас добавляют в дизельное топливо, что позволяет на 4-5% повысить КПД двигателя и снизить степень загрязнения выхлопных газов. В 2002 году на Кубке Дэвиса (Davis Cup) были впервые использованы теннисные мячи, созданные с использованием нанотехнологий.

Производители уже получают первые заказы на наноустройства. К примеру, армия США заказала компании Friction (Free Technologies) разработку военной формы будущего. Компания должна изготовить носки с использованием нанотехнологий, которые должны будут выводить за пределы носков пот, но сохранять ноги в тепле, а носки в сухости. Неизвестно, будут ли такие носки нуждаться в стирке. Австралийские ученые предложили изготавливать жилеты из материалов на основе углеродных нанотрубок. Последние обладают пулеотгаливающим свойством – под воздействием пули тоненькие трубки прогибаются, а затем восстанавливают форму с отдачей энергии.

Одним из наиболее интересных достижений ученых в области наномедицины оказалась технология восстановления поврежденной нервной ткани с помощью углеродных нанотрубок. Как показали эксперименты, после имплантирования в поврежденные участки мозга специальных матриц из нанотрубок в растворе стволовых клеток уже через восемь недель ученые обнаружили восстановление нервной ткани. По мнению ученых, это открытие позволит помочь людям, страдающим болезнью Альцгеймера и Паркинсона. Наноструктуры также могут помочь в восстановительной терапии после острых

сердечных заболеваний. Так, наночастицы, введенные в кровеносные сосуды мышей, помогли восстановить сердечно-сосудистую деятельность после инфаркта миокарда. Принцип метода состоит в том, что самособирающиеся полимерные наночастицы помогают «запустить» естественные механизмы восстановления сосудов.

Большинство людей, живущих на нашей планете, даже не представляют, что Земля становится нанопланетой. Грядет глобальное пришествие нанотехнологий. Более того, нередко можно услышать, что наилучшим выходом из нынешнего глобального кризиса было бы появление в экономике нового «паровоза» - новой ее технологической основы. Таким «паровозом» способна стать новая привязка всей нашей техники и образа жизни к наноизделиям.

Основной проблемой в nanoиндустрии на сегодняшний день является управляемый механосинтез, т.е. составление молекул из атомов с помощью механического приближения до тех пор, пока не вступят в действие соответствующие химические связи. Для обеспечения механосинтеза необходим наноманипулятор, способный захватить отдельные атомы и молекулы и манипулировать ими в радиусе до 100 нм.

На основе системы «нанокomпьютер - наноманипулятор» можно будет организовать сборочные автоматизированные комплексы, способные собирать любые макроскопические объекты по заранее снятой либо разработанной трехмерной сетке расположения атомов. Компания Хегох в настоящее время ведет интенсивные исследования в области нанотехнологий, что наводит на мысль о ее стремлении создать в будущем дубликаторы материи. Комплекс роботов (дизассемблеров) будет разбирать на атомы исходный объект, а другой комплекс (ассемблеры) будет создавать копию, идентичную, вплоть до отдельных атомов оригинала (эксперты прогнозируют это в 2020-2030 гг.). Это позволит упразднить имеющийся в настоящее время комплекс фабрик, производящих продукцию с помощью «объемной» технологии, достаточно будет спроектировать в компьютеризированной системе любой продукт - и он будет собран и размножен сборочным комплексом. Благодаря репликации можно будет наделять отдельные продукты этим свойством, например, нанороботов. Станет возможным автоматическое строительство орбитальных систем, самособирающихся колоний на Луне и Марсе, любых строений в мировом океане, на поверхности земли и в воздухе (эксперты прогнозируют это в 2050 гг.). Возможность самосборки может привести к решению глобальных вопросов человечества: проблемы нехватки пищи, жилья и энергии.

## ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛЬ ТЕСЛА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Д.Д. Саленко, М.И. Кондратьев*

*Рук.: ст. пр. С.С. Кривонос, ст. пр. Н.П. Благая*

Хотя электроавтомобили были одним из самых ранних изобретений, мода на них прошла быстро. Ни один из изготовителей электрических автомобилей никогда не использовал генератор постоянного тока. Это позволило бы подпитывать небольшим зарядом батареи, во время движения и таким образом увеличивать дальность его пробега. Это рассматривалось как некоторое подобие вечного двигателя и конечно считалось абсолютно не возможным! Фактически, генераторы постоянного тока могли бы успешно работать и помочь выживанию электроавтомобилей.

В 1931 стандартный двигатель внутреннего сгорания был удален и 80 л.с. 1800 об/мин электродвигатель, был установлен на муфту к передаче. Двигатель переменного тока имел длину 100см и 75см в диаметре. Энергия, которая его питала, находилась "в воздухе" и никаких больше источников питания.

Тесла занял водительское место, подключил эти два стержня и заявил, "Теперь мы имеем энергию". Он нажал на педаль и автомобиль поехал! Это транспортное средство, приводимое в движение мотором переменного тока, развивало до 150км/ч и обладало характеристиками лучшими, чем любой автомобиль с двигателем внутреннего сгорания на то время! Одна неделя была потрачена на испытания транспортного средства. Когда спрашивали: "откуда берется энергия?", Тесла отвечал: "Из эфира вокруг всех нас". Люди поговаривали, что Тесла был безумен, и так или иначе в союзе со зловещими силами вселенной. Теслу это рассердило, он удалил таинственную коробку с транспортного средства и возвратился в свою лабораторию в Нью-Йорке. Его тайна ушла вместе с ним!

В схеме электроавтомобиля Тесла то, что принимают за приемник (черный ящик и два стержня за спиной у водителя) очевидно, является передатчиком. Используется два излучателя. Для получения трех нот. Тесла любил число 3. Кроме самого главного электродвигателя на автомобиле должен был присутствовать аккумулятор и стартер. При

включении стартера вместе с электродвигателем последний превращается в генератор, который питает два пульсирующих излучателя. Высокочастотные колебания излучателей поддерживают движение электродвигателя. Электродвигатель, таким образом, может одновременно являться и источником вращения колес автомобиля и генератором, питающим высокочастотные излучатели.

Понимание работы электроавтомобиля Теслы. Согласно закону причинно следственных связей, если второе вытекает из первого, то и первое может вытекать из второго. В физике это принцип обратимости всех процессов.

При обычной организации процесса, всякий электродвигатель потребляет ток и производит колебательные возмущения в окружающей среде. То, что называется индуктивностью. Эти неизбежные возмущения среды обычно никак не используются. На них принято не обращать внимания, пока они никому не мешают. Между тем затраты энергии, питание, которое необходимо электродвигателю, как раз и вызываются тем, что электродвигатель работает не в абсолютной пустоте, а в среде и что на создание колебательных возмущений в среде как раз и расходуется подавляющая часть энергии питающей электродвигатель. Тех самых колебательных возмущений, на которые принято закрывать глаза.

Потери энергии при работе всякого электродвигателя связаны не с трением ротора, не с сопротивлением воздуха, а с потерями индуктивности, т.е. с "вязкостью" среды по отношению к вращающимся электромагнитным частям двигателя. Неподвижная (относительно) среда раскручивается электродвигателем, в ней возникают концентрические волны, расходящиеся во все стороны. При работе электродвигателя эти потери составляют более 90% от всех его потерь.

Тесла хорошо видел, что волны в среде могут быть не побочным продуктом работы электродвигателя, не паразитарными потерями, а движущей силой электродвигателя, если эти волны поддерживать при минимальном расходе энергии. Как поддерживать эти волны Тесла хорошо знал. Для этого нужны резонансные высокочастотные колебания.

Естественно, что такой электродвигатель будет еще и охлаждаться. Двигатель, требующий питания нагревается от сопротивления среды, которую ему приходится раскручивать. Здесь же среду раскручивать не надо. Наоборот сама среда раскручивает двигатель, из которого, как следствие, истекает ток. Никакого колдовства и мистики в этом нет. Всего лишь разумная организация процесса.

# ЭНЕРГЕТИКА И ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт»*

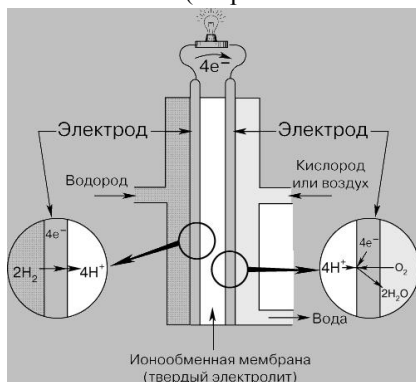
*Ст.: О.И. Абрамов, А.В. Бугай, А.В. Войтенко*

*Рук. доц. М.В. Лебедева*

Прогресс в развитии техники приводит к неуклонному росту энергопотребления. В тоже время последние события в Японии ставят под сомнение возможность дальнейшего расширения атомной энергетики и повышают интерес, как к возобновляемым источникам энергии, так и к нетрадиционным более эффективным технологиям получения энергии из имеющихся на Земле энергоресурсов. Одним из таких направлений является использование топливных элементов – одной из разновидностей электрохимического генератора.

Идея создания топливного элемента возникла еще в 1839 году у Уильяма Гровса, а серьезный практический интерес к ним появился в середине шестидесятых годов прошлого столетия, когда стал вопрос об энергообеспечении космических аппаратов. Следующий этап бурного развития топливных элементов начался в девяностых годах прошлого столетия. В настоящее время топливные элементы все активнее используются в самых разных областях – от энергоснабжения и тепло-снабжения зданий до источников питания ноутбуков и мобильных телефонов. Огромны перспективы их использования и на транспорте.

Несмотря на многообразие конструкций и используемых в них материалов принцип работы их одинаков. Схема простейшего топливного элемента (с протонообменной мембраной) показана на рисунке.



Он состоит из полимерной мембраны, помещенной между анодом и катодом. Мембрана представляет собой пластину толщиной в доли миллиметра, которая функционирует как электролит: разделяет вещество на положительно и отрицательно заряженные ионы в присутствии воды. Анод и катод выполнены из пористого материала, представляющего собой смесь углеродных волокон с частичками платины,

играющей роль катализатора, способствующего протеканию реакции

диссоциации. На аноде молекулы водорода в присутствии катализатора превращаются в ионы  $H^+$  (протоны) и электроны. Протоны через мембрану диффундируют к катоду, а поток электронов направляется к катоду через внешнюю электрическую сеть, к которой подключена нагрузка. Кислород, подаваемый на катод, в присутствии катализатора вступает в реакцию с ионами водорода из мембраны и электронами из внешней цепи. В топливном элементе протекает реакция:  **$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{электричество} + \text{тепло}$** .

Таким образом в результате холодного горения в топливных элементах получается полезная энергия и водяной пар.

В качестве топлива в таких элементах используется водород, которым либо непосредственно заправляется энергетическая установка, либо он получается из традиционно используемого топлива (бензин, природный газ, метанол) непосредственно в особых устройствах – реформерах. Окислителем в топливных элементах является кислород, которого вполне достаточно в воздухе.

Эффективность топливных элементов обусловлена тем, что для них нет термодинамического ограничения коэффициента использования энергии. В отличие от традиционных технологий сжигания топлива в энергетических установках, когда химическая энергия топлива неэффективно переходит в тепло, которое затем тратится на совершение полезной работы, в топливных элементах химическая энергия топлива в процессе электрохимической реакции напрямую переходит в электрическую. КПД топливных элементов достигает по электрической энергии 50%, в то время как КПД ДВС ниже 20%. При использовании наряду с электрической энергией тепла и воды эффективность топливных элементов возрастает до 80%. При равной полезной мощности автомобиль использующий бензин не в качестве основного топлива а как источник для получения водорода в реформерах с последующим окислением его в топливных элементах примерно в два раза экономичнее обычных бензиновых машин. Не менее важным преимуществом топливных элементов является их экологичность. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ для автомобилей, заправляемых водородом, практически отсутствуют. Отсутствуют также шумы и вибрации.

Одним из основных недостатков топливных элементов на сегодняшний день – их относительно высокая стоимость. Но этот недостаток может быть вскоре преодолен. Все больше компаний выпускают коммерческие образцы топливных элементов, они непрерывно совершенствуются, а их стоимость снижается.

# ПРОСТЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. О.В. Савченко*

*Рук.: доц. В.В. Пилипенко, доц. Е.Т. Лемешевская*

Известно много простых способов получения электричества без использования существующих источников и подключения к уже имеющейся электрической сети. В данной работе мы хотим продемонстрировать несколько таких способов, а также созданный нами оригинальный экологически безопасный источник тока, пригодный для питания маломощного потребителя (светодиода).

Что нужно для создания источника тока? Гальванический элемент составляют две пластины разных металлов, погруженные в растворы собственных солей, замкнутые между собой внешним проводником из металлической проволоки (проводником I-го рода). Внутренняя цепь замыкается через растворы проводником II-го рода.

Такой гальванический элемент генерирует электрический ток за счет окислительно-восстановительного процесса, происходящего на его металлических электродах.

В процессе работы мы убедились, что в качестве электродов желательно выбирать два металла (катод и анод), стоящие в ряду напряжений как можно дальше друг от друга (по возможности), а вот в качестве электролита можно использовать воду, фрукты, овощи и т. д.

На рис. 1 приведена фотография одного из наших опытов по получению электричества, где электродами являются алюминиевая пластинка (на ней лежит тестер) и серебряная ложка, а электролит – это кусочек лимона. Тестер фиксирует наличие напряжения между электродами.

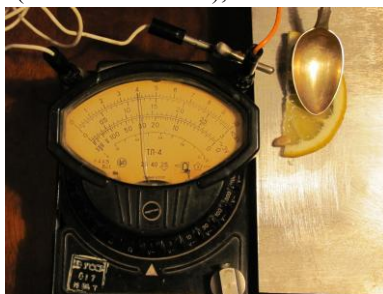


Рис 1

Другой необычный источник тока составляет предмет доклада на конференции.

## **ОСОБЕННОСТИ МЕЛЛИЧЕСКОГО СТЕКЛА И НЕКОТОРЫХ КОМПОЗИТОВ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.В. Овчинников*

*Рук. доц. Н.Б. Фатьянова*

В настоящее время широко используются различные металлические сплавы. Особую роль играет сталь. Сегодня трудно удивить кого-либо сплавом, который будет «прочнее стали».

Недавно получены материалы – т.н. «металлические стекла», сплавы, атомы в которых не формируют упорядоченную структуру, как в обычном металле, а распределены хаотично, как в силикатном стекле. Металлическим стеклам после несложной обработки можно придать практически любую мыслимую форму, как пластмассе, и при этом не потерять их «металлических» свойств.

Внешне эти сплавы ничем не отличаются от обычных, но их можно надувать, как нагретый пластик и можно манипулировать с той же легкостью. Уже начали экспериментировать с применением нового металла для производства сложных конфигураций, таких как бутылки, часовые камеры (глубинного манометра), миниатюрные резонаторы и медико-биологические имплантаты.

Обычные металлы состоят из кристаллических структур, которые гарантируют их прочность, но в то же время такая структура приводит к тому, что для обработки металлов необходимо 3 отдельных этапа (формирование, соединение, отделка).

Особенность нового металла позволяет заменить длительный, энергоёмкий трёхэтапный процесс обработки пневмоформованием, которое занимает не больше минуты.

Металлические стекла получают с использованием целого ряда металлических элементов, включая медь, титан, никель и цирконий. Однако в итоге стоимость такого материала не превышает цену лучших стальных сплавов, а стоимость формовки – не выше, чем для обычного пластика. Для обработки достаточно использовать лишь немногим повышенные температуру и давление: металлическое стекло размягчается очень быстро.

Также и за наноматериалами давно и прочно закрепилось определение "крепкий как сталь", к слову сказать, возмущающее многих нанотехнологов, поскольку, по их мнению, наноматериалы крепче



стали примерно в тысячу раз. При этом основной проблемой с доказательством подобного утверждения была неспособность исследователей передать силу наноструктур макроскопическим материалам. Однако в последнее время удалось получить импрегнированный углеродом пластик, с помощью метода подобного тому "как устрица инкорпорирует карбонат кальция в ткань раковины, образуя одну из самых прочных в природе конструкций". Материал оказался "таким же крепким как сталь, но очень тонким и прозрачным".

Исследователи были намерены передать внутреннюю силу наноматериала его макроскопическому аналогу, путем внедрения наноматериалов в органический полимер. Задача оказалась крайне трудной, поскольку при растяжении или деформировании полимера нарушается его сцепление с наноматериалом и вся система рушится. Другими словами, как бы не был прочен наноматериал, без надежного сцепления его с макроосновой не возможно передать последней достаточную прочность. Интересно, что устрицы решают проблему внедрения карбоната кальция в органическую основу своей раковины путем тесного склеивания наноскопических слоев сверхпрочного карбоната с помощью органического клея на манер "кирпича и строительного раствора", когда крепость кирпичей передается благодаря цементу всей конструкции.

Сходный подход и был применён, использовавший чередующиеся слои "кирпичей" и "строительного раствора". Вместо чистого углерода были применены филосиликатные минералы (монтмориillonит), обладающие прочностью углеродных нанотрубок, но при этом имеющие в составе кристаллической решетки атомы алюминия, кислорода и водорода, облегчающие взаимодействие со "строительным раствором". В качестве последнего исследователи использовали новый тип полимерного клея – поливинилалкоголь. «Наноклей» PVA и слои MTM накрепко соединяются водородными связями: даже если такие связи нарушаются, они легко образуются снова, придавая устойчивость всей архитектуре. Полученный материал содержал порядка 300 слоев наноматериала, чередующегося со слоями органического клея атомарной толщины. Общая толщина не превышала таковой у целлофана.

Полученный пластик может быть использован в качестве основы для микроэлектромеханических систем (MEMS); сверхпрочный материал также найдет свое применение в разработке биосенсоров, RFID-устройств, клапанных регуляторов и микроскопических силовых приводов. Создание данных материалов может иметь такое же значительное влияние на социум, какое имело создание синтетического пластика в XX веке.

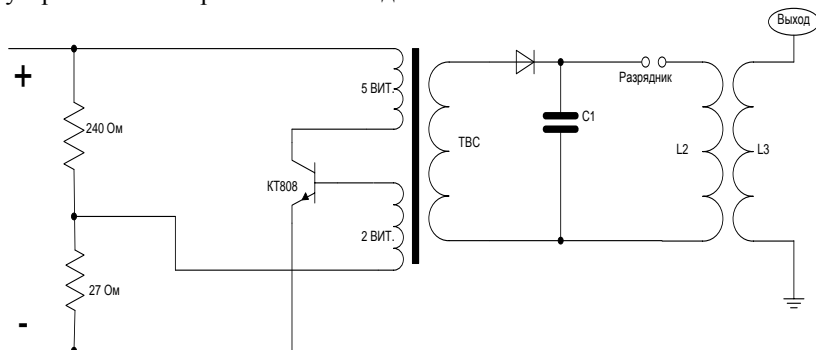
# ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. В.В. Лимишенко  
Рук. доц. Т.И. Храмова*

Трансформатор Тесла является резонансным трансформатором, производящим высокое напряжение высокой частоты. Трансформатор Тесла состоит из двух катушек, разрядника и конденсаторов. В отличие от обычного трансформатора в нем отсутствует ферритовый сердечник, поскольку является неэффективным при работе на высоких частотах. Конденсаторы заряжаются напряжением, способным создать пробой в разряднике. Во время пробоя цепь замыкается и превращается в колебательный контур, который своим магнитным полем создает ок большого напряжения и высокой частоты во вторичной катушке.

Тесла использовал трансформатор для генерации и распространения колебаний, беспроводной передачи энергии, управления устройствами на расстоянии и т. д.



В схеме может использоваться любой биполярный транзистор высокой мощности, как пример здесь приведен КТ 808.

ТВС – Трансформатор Высоковольтный Строчный, иными словами соленоид с ферритовым сердечником имеющий многовитковую высоковольтную обмотку.

L2 Мощная катушка из толстой проволоки или трубки.

L3 Многослойный однослойный соленоид (по сути сама катушка Тесла)

# БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.Ю. Гонта*

*Рук.: доц. В.К. Якуша, ст. пр. В. С.Савина*

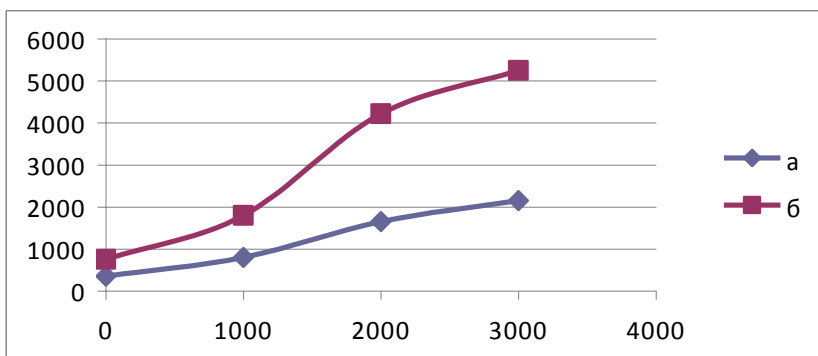
Внешнее облучение - один из способов ионизирующего облучения от источника, расположенного вне организма, которое в основном зависит от радиационного фона местности, на которой проживает человек. Внешнее облучение создается гамма содержащими радионуклидами, а также рентгеновским излучением. Первые же месяцы работы с ионизирующими облучениями привели к радиационным поражениям.

Уже в 1895 году помощник Рентгена получил радиационный ожог рук (эритему), приведшей к развитию дерматита - тяжелого воспалительного заболевания кожи.

В 1898 г. был открыт радий, проникающее  $\gamma$ - излучение, которое также оказалось способным сильно воздействовать на ткани человеческого организма. Доктор Денло в 1898-1899 гг. установил первые закономерности немедленных (острых) реакций кожи на облучение. Поскольку в те годы не существовало рентгена как единицы экспозиционной дозы облучения, пользовались понятием «пороговая эритемная доза ». По определению это наименьшее количество излучения данной степени жесткости, которое воздействуя на кожу, вызывает покраснение кожи на срок от 7 до 10 суток. После того как экспозиционная доза превысит пороговую эритему, на облученном участке кожи возникает легкое покраснение, вызываемое расширением кровеносных сосудов и проходящее примерно через сутки. Через 7-10 дней на этом месте развивается лучевая эритема, похожая при дозе 500-600 Р на легкий солнечный ожог. Через несколько дней ожог исчезает. При дозе 1500-1600 Р развивается более тяжелая эритема с образованием пузырей, аналогичная ожогу 2 степени. В этом случае заживление также полное, но продолжается в течении 4-6 недель. При еще больших локальных дозах (3000-4000 Р) возникает некроз тканей, подобный ожогу 3 степени, который не поддается лечению обычными средствами, в

результате чего заживление происходит длительно и часто приводит к образованию рубцов, позднее к злокачественному поражению тканей.

Выполненные исследования позволили также установить, что с увеличением энергии рентгеновского или  $\gamma$  – излучения возрастает и пороговая эритемная доза (рис.1) В основном это связано с тем, что рост жесткости излучения сопровождается перемещением максимума ионизации ткани с поверхности тела в глубину. Другое важное явление состоит в том ,что если суммарная экспозиционная доза фракционирована, т. е. облучение производится многократно долями суммарной дозы, то пороговая эритемная доза возрастает (см. рис. 1).



а – острое облучение;

б – фракционное облучение (ежедневно по 300Р)

Основным процессом, объясняющим биологическое действие излучения, является растрата поглощенной энергии на разрыв химических связей с образованием высокоактивных в химическом отношении соединений, так называемых свободных радикалов.

Решающее значение имеет косвенное воздействие через ионизацию молекул воды и химизм последующих реакций со свободными радикалами.

## ПЕРВЫЙ НОБЕЛЕВСКИЙ ЛАУРЕАТ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Р.Н Таран  
Рук. доц. В.К. Якуша*



Вильгельм Конрад Рентген

...только на фундаменте, созданном физиками XIX века и, в частности, Рентгеном, могла появиться современная физика.

А. Ф. Йоффе

Вильгельм Конрад Рентген родился 27 марта 1845 года в небольшом городке Линнепе близ Дюссельдорфа (Пруссия). В 1848 году семья переехала в Апельдорн (Голландия), на родину матери, где он посещал частную школу, затем техническое училище, но был исключен за отказ назвать фамилию одноклассника, нарисовавшего карикатуру на нелюбимого преподавателя.

Оказавшись вне школы, юноша решил сдать экзамены экстерном. В течение двух лет самостоятельно штудировал предметы. И надо же случиться: за экзаменационным столом оказался тот самый педагог! Ничего удивительного, что бедняга с треском провалился, так и не получив заветного аттестата. Но вот он узнал, что в Утрехте организован политехнический институт для вольнослушателей. Прослушав курс естественных наук, в 1865 году Рентген поступил в Федеральный технологический институт в Цюрихе. За высокие оценки даже был освобожден от вступительного экзамена (на котором провалился молодой Эйнштейн). Изучая машиностроение, Рентген проявил особый интерес

к прикладной математике и технической физике. Выдающийся ученый Август Кундт обратил внимание на его блестящие способности и посоветовал заняться экспериментальной физикой. В результате молодой человек защитил докторскую диссертацию и был назначен первым ассистентом в лаборатории.

В 1872 году Рентген приступил к чтению курса теоретической физики в Страсбургском университете. Через год стал профессором физики Сельскохозяйственной академии в Гогенхейме, а 1879 году – Гессенского университета. В этот период он изучает электромагнетизм и оптику. Рентген, основываясь на термодинамике Фарадея-Максвелла, обнаружил магнитное поле движущегося заряда. Среди других его работ – исследования сжимаемости воды, теплопроводности кристаллов, электрических свойств кварца и электромагнитного вращения плоскости поляризации света в газах, снискавшие ему репутацию классического физика-экспериментатора.

В 1894 году Рентген был избран ректором Вюрцбургского университета и приступил к экспериментальным исследованиям электрического заряда в стеклянных вакуумных трубках. Во время серии экспериментов обнаружил странные явления, названные икс-лучами (впоследствии – рентгеновскими лучами). С 1899 по 1920 год Рентген работает профессором физики и директором Физического института при Мюнхенском университете. Его ассистентом был выдающийся русский физик А.Ф. Йоффе.

Именно в Мюнхене Рентген узнал о том, что стал первым лауреатом Нобелевской премии по физике “в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь“. Вручая ему высокую награду, член Шведской королевской академии наук Одхнер пророчески сказал: “Нет сомнения в том, сколь большого успеха достигнет физическая наука, когда эта неведомая раньше форма энергии будет достаточно исследована“.

За всю свою жизнь Рентген написал 58 статей, посвященных исследованию свойств жидкостей, газов, кристаллов и электромагнитных явлений. Последнюю, об электропроводности кристаллов, опубликовал в возрасте 76 лет. Он умер 10 февраля 1923 года от рака внутренних органов.

### **Семь недель до открытия**

8 ноября 1895 года профессор физики Вильгельм Конрад Рентген, проводя опыты по изучению прохождения тока высокого напряжения через стеклянную вакуумную трубку Крукса-Гитторфа (Рис. 1), обнару-

жил неизвестные лучи, вызывающие свечение экрана, покрытого платино-синеродистым барием. В течение семи недель, запершись в лаборатории, он интенсивно работал над изучением свойств этих лучей и определил, что благодаря малой длине волны они обладают способностью проникать сквозь светонепроницаемые предметы. И чем короче длина волны, тем сильнее их проникающая способность.

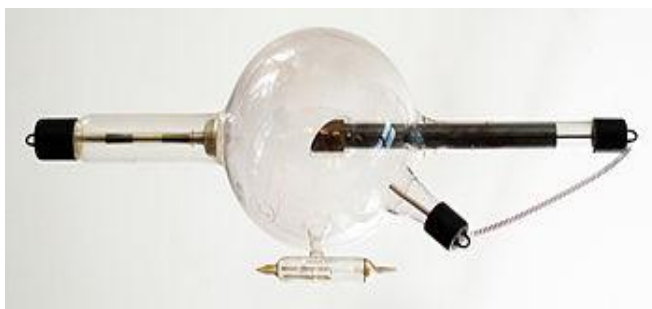


Рис. 1

Такие лучи возникали в трубке, из которой был откачан воздух и в которую было впаяно два проводника. Один из них присоединялся к положительному полюсу катушки Румкорфа (анод), другой – к отрицательному полюсу (катод). Катушка провода при нагревании ее током испускала электроны, с огромной скоростью (100000-325000 мм/сек) двигавшиеся с катода на анод. Маленький вольфрамовый щит внезапно останавливал их поток, при этом большая часть энергии превращалась в тепло, но некоторые из них выходили через “окно” в основании трубки в виде непонятных лучей. Проходя сквозь исследуемый участок, непонятные лучи отбрасывали тень на покрытую светочувствительной эмульсией пленку. Проявив ее как обычную пленку, Рентген получил снимок, на котором предметы, не пропускающие лучи, выглядели темнее.

Экспериментирую с одной из трубок но без “окон”, Вильгельм Рентген заметил яркое свечение некоторых кристаллов. Зная, что катодные лучи не могут проникнуть через стекло и произвести такой эффект, он предположил, что это новый вид лучей, которые назвали Х-лучами, то есть лучами неизвестного происхождения. Позднее они были названы рентгеновскими.

## ИСТОРИЯ ФИЗИКИ

### **ДЕМОН МАКСВЕЛЛА И ЕГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕАЛИЗАЦИИ** *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Ст. А. Ефремова Рук. доц. С.Д. Гапченко*

*Демон Максвелла* — придуманный [Дж.К. Максвеллом](#) в 1867 г. [мысленный эксперимент](#) с целью иллюстрации кажущегося парадокса [Второго начала термодинамики](#).

#### **Суть парадокса**

Предположим, что сосуд с [газом](#) разделён непроницаемой перегородкой на две части: правую и левую. В перегородке отверстие с устройством (так называемый демон Максвелла), которое позволяет пролетать быстрым (горячим) [молекулам](#) газа только из левой части сосуда в правую, а медленным (холодным) молекулам — только из правой части сосуда в левую (рис. 1). Тогда, через большой промежуток времени, горячие молекулы окажутся в правом сосуде, а холодные — в левом.

Таким образом, получается, что демон Максвелла позволяет нагреть правую часть сосуда и охладить левую без дополнительного подвода [энергии](#) к системе. [Энтропия](#) для системы, состоящей из правой и левой части сосуда, в начальном состоянии больше, чем в конечном, что противоречит термодинамическому принципу неубывания энтропии в замкнутых системах ([Второе начало термодинамики](#)).

[Парадокс](#) разрешается, если рассмотреть замкнутую систему, включающую в себя демона Максвелла и сосуд. Для функционирования демона Максвелла необходима передача ему энергии от стороннего источника. За счёт этой энергии и производится разделение горячих и холодных молекул в сосуде, то есть переход в состояние с меньшей энтропией.

#### **Экспериментальная реализация демона Максвелла**

В 2010 г. реализовать на практике мысленный эксперимент Дж.К.Максвелла удалось физикам из японского университета [Тюо](#) [1].

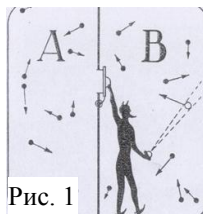


Рис. 1



В экспериментах использовалась бусинка из полистирола – диэлектрика – продолговатой формы размером около 300 нм. Она помещалась в емкость с буферным раствором, на дне которой располагались электроды, на которые подавался переменный ток.

Электромагнитное поле вызывало поляризацию бусинки таким образом, что в поле ей было энергетически более выгодно вращаться по часовой стрелке, чем против нее. Вместе с тем из-за небольших размеров на вращение бусинки оказывало заметное влияние броуновское движение молекул раствора.

Состояние бусинки контролировалось при помощи микроскопа и камеры для высокоскоростной съемки (демон Максвелла). В эксперименте также использовался управляющий компьютер. В зависимости от поведения бусинки фаза одного из электродов менялась: каждый раз, когда бусинка (ротор) в броуновском движении делала шаг против поля, компьютер сдвигал последнее так, что она могла повернуться, но когда ротор пытался вращаться обратно, поле блокировало его.

В результате бусинка набирала механическую энергию. Расчеты показали, что этой энергии было больше, чем работа, совершаемая электромагнитным полем.

Законов природы, установка не нарушает, поскольку для работы «демона» (камеры, системы коррекции напряжения) необходима энергия. Но японцы подчёркивают: данный опыт впервые на практике доказал реальность теплового насоса — демона Максвелла, теоретически обоснованного [Лео Сцилардом](#) в 1929 году. Такая машина извлекает энергию из изотермической окружающей среды и преобразует её в работу. Общий принцип теплового насоса – демона Максвелла («двигателя Сциларда») заключается в следующем. Макроскопическая система (компьютер) управляет событиями в микроскопической системе (в реальности – бусинка (ротор) и поле, а условно – комната с молекулами и перегородкой) за счёт получения информации о ней. Энергия в микроскопической системе растёт (и может производить полезную работу), но не вполне бесплатно, поскольку «демон» потребляет энергию на получение информации и управляющие действия.

Системы с обратной связью, по мнению японских физиков, могут представлять собой машины нового типа, преобразующие информацию в энергию. Теоретически в будущем подобные устройства могли бы питать за счёт броуновского движения микромашины.

### **Выпрямитель тепла, который напоминает демона Максвелла**

Еще одно устройство, работающее по принципу демона Максвелла, было создано на основе нанотехнологий.

Если скорость теплопередачи у некоторого объекта меняется в зависимости от направления потока энергии, то в результате получается тепловой аналог электрического диода — тепловой диод.

В университете Беркли работы в этом направлении (А.Зеттл, Ч.В.Чан) привели к выводу, что тепловой выпрямитель можно создать, построив одномерную проводящую систему, у которой на

одном конце сосредоточено больше массы, чем на другом. В качестве базиса использовались

нанотрубки: ведь из-за огромного соотношения между длиной и диаметром их практически

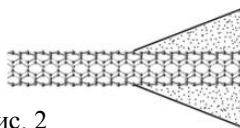


Рис. 2

можно считать одномерными объектами. Для тепловых потоков, во всяком случае.

Для опыта были использованы нанотрубками двух видов — из углерода и из нитрида бора, диаметром 10 и 40 нанометров.

Упрощённая схема теплового диода представлена на рис. 2. Решётку нанотрубки с одного конца закрывает конус из аморфного композита.

Сама нанотрубка покрывается неравномерным слоем специально подобранного аморфного материала ( $C_9H_{16}Pt$ ), который с одного конца был нанесён весьма щедро, а к другому плавно сходил на нет.

Такую нанотрубку закрепляли между электродами на основе кремния и платины — они служили попеременно то нагревательным элементом (на одном конце трубки), то термодатчиком (на другом).

Посылая тепло сначала от одного конца нанотрубки к другому, а потом — в противоположном направлении, исследователи каждый раз измеряли её теплопроводность.

Было установлено, что при передаче тепла по устройству от конца с большой массой к более лёгкому краю его теплопроводность на 7% больше, чем при передаче энергии в обратном направлении.

### Литература:

1. Shoichi Toyabe, Takahiro Sagawa, Masahito Ueda, Eiro Muneyuki & Masaki Sano. Experimental demonstration of information-to-energy conversion and validation of the generalized Jarzynski equality. *Nature Physics* 2. Фейнман Р., Характер физических законов. Библиотечка «КВАНТ», Выпуск 62. — М.: Наука, Изд. второе, исправленное, 1987

## НИЗКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

*Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева*

*Ст. И.А. Кумейко*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Известно, что с течением времени желеобразное вещество, заполняющее хрусталик глаза, теряет упругость и мутнеет. В некоторых случаях это приводит к появлению катаракты. Катаракта – это серый диск, расположенный против зрачка и мешающий проникновению света в глаз.

Ещё древние ассирийцы и египтяне знали: если удалить помутневший хрусталик, слепой способен видеть снова, только ему потребуются очень толстые линзы. Удалить помутневший хрусталик надо через тонкий разрез роговицы. Сделать это не легко, т. к. хрусталик скользкий и хрупкий. Вот тут и пришла на помощь низкая температура. Всем известно, что если приложить палец к сильно охлаждённому металлу, то палец примёрзнет. Польский окулист Кравич предложил использовать замороженный металл при операциях криоэкстракции (удалению бельма). Для охлаждения врач помещает в уголекислоту металлический стержень, а потом быстро переносит его к глазу и прикасается к хрусталику. Мокрый хрусталик прилипает к металлу. Ловкое движение и он удалён. Но у криоэкстракции есть один минус: её надо делать очень быстро, иначе тонкий металлический стержёнок нагреется и хрусталик к нему уже не прилипнет.

Российский врач И. Плотников предложил пользоваться при криоэкстракции постоянным источником холода. В лаборатории термоэлементов Института полупроводников в Санки – Петербурге сконструировали полупроводниковый криоэкстрактор, в котором используется явление Пельтье – выделение или поглощение тепла при прохождении электрического тока через контакт разных металлов или полупроводников с разным типом проводимости. Прибор состоит из рукоятки – карандаша весом около 65 г. и блока управления. На острие карандаша достигается температура  $-35^{\circ}\text{C}$ , которую обеспечивает термоэлемент, смонтированный внутри карандаша. На охлаждение и нагревание до  $+20^{\circ}\text{C}$  требуется несколько секунд. Потому в случае неточного попадания карандаша легко справить ошибку. С помощью подобных криоэкстракторов сделано много подобных операций. Сегодня криохirurgия взята на вооружение и нейрохирургами, и гинекологами, и травматологами.

# ГИДРОДИНАМИКА В МИРЕ ЖИВОТНЫХ

*Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева*

*Ст. Ю.А. Кумейко*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Как ни специфичны задачи сердечно – сосудистой системы природа навязала ей дополнительные функции: Заманчиво было использовать давление, существующее внутри кровеносной системы. По закону Бернулли давление жидкости обратно пропорционально скорости её движения:

$$\rho \mathcal{V}^2 / 2 + p = const,$$

где  $\rho$  – плотность жидкости,  $\mathcal{V}$  – скорость её движения,  $p$  – давление.

Известно, что повышение кровяного давления (гипертония) опасно для организма, так как может вызвать разрывы кровеносных сосудов. Однако некоторые животные приспособились вызывать гипертонию в своих интересах. Жабовидная ящерица, обитающая в мексиканских пустынях, использует местную гипертонию в сосудах головы для обороны. Кровь, заполняя под большим давлением гребни, шипы и другие наросты на голове и других частях тела, заставляет их увеличиваться, менять окраску и тем самым придаёт ящерице устрашающий вид. А в минуту особой опасности специальный мускул зажимает один из кровеносных сосудов, что приводит к резкому повышению давления в сосудах головы. Мелкие сосудики в мигательной перепонке глаз не выдерживают и лопаются – кровь выбрасывается из глаз навстречу врагу на расстояние до 1,5 м. Повышение давления с помощью запирающего мускула способствует линьке. Змеи растут всю жизнь. Постепенно одежда становится тесной и возникает необходимость в ежегодной замене. Запирающий мускул зажимает кровеносные сосуды, идущие от головы. Давление в сосудах головы повышается и голова раздувается до тех пор, пока старая кожа не лопнет. Змея выползает из старой шкуры через образовавшееся отверстие. Гидродинамические устройства используются и для выполнения двигательных функций.

Увеличение давления в межтканевых пространствах значительно повышает механическую прочность Это привело к созданию « гидростатического скелета »: Он создаётся на то время, когда нужен, а когда потребность исчезает, давление понижается и от скелета не оста-

ётся и следа. Природа пронесла это гидродинамическое устройство через всю эволюцию животного мира.

## ЧЕЛОВЕК – НЕВИДИМКА. ФАНТАЗИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ

*Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева*

*Ст. О.С. Минаков, Я.Н. Кляп*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Можно ли человека сделать невидимым? В настоящее время созданы самолёты и корабли частично невидимые для радиолокатора. Для «невидимости» их покрывают слоем вещества сильно поглощающего короткие радиоволны, а отражающие поверхности изготавливают под углами, направляющими радиоволны в сторону от радиолокатора.

Проведем опыт. В стакан с подсолнечным маслом опустим стеклянную пробирку (рис.1). Если налить масло в пробирку, то погружённая в масло часть трубки становится почти невидимой (рис.2), «Невидимость» объясняется тем, что показатели преломления стекла и масла практически одинаковы. В фантастическом произведении «Человек–невидимка» Герберт Уэлс делает человека невидимым с помощью некоего препарата, однако для биологических молекул это сделать невозможно. В одном из экспериментов «невидимость» имитировали так: перед человеком устанавливали экран, на который с помощью видеокамеры проецировали всё, что находится позади. Однако полной невидимости добиться не удалось, так как сам экран выделялся на фоне окружающей среды. Известно, что в результате дифракции свет может огибать структуры, которые по своим размерам сопоставимы с длиной волны света. Учёным британского университета св. Андрея удалось разработать «метаматериал», представляющий собой тонкую плёнку, на которой располагаются крохотные структуры, которые перенаправляют световые потоки так, что они обтекают объект. Удалось создать почти полную «невидимость» в оптическом диапазоне.



## НЕОБЫЧНЫЕ ОПЫТЫ В ИСТОРИИ НАУКИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.М. Толкачева, О.А. Яковенко  
Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*

Научные исследования проходят не только в тиши кабинетов и лабораторий, но и в самой неожиданной обстановке.

Например, в местечке Грэнтем, где в то время жил Ньютон, дети затеяли состязание по прыжкам в длину. Заметив, что прыгать лучше по ветру, чем против него, Исаак обскакал всех соперников. Так он получил представление о силе ветра, выраженной в футах.

Австрийский физик Христиан Доплер в 1842 году выдвинул и теоретически обосновал предположение о том, что частота световых и звуковых колебаний должна меняться для наблюдателя в зависимости от того, движется ли источник света либо звука от наблюдателя или к нему. В 1845 году голландский метеоролог Христофор Бейс-Баллот решил проверить гипотезу Доплера и убедился в его правоте.

Английский ботаник Роберт Фишер работал в 1910—1914 годах на агробиологической станции близ Лондона. Коллектив сотрудников состоял из одних мужчин, но однажды на работу приняли женщину, специалистку по водорослям. На первом же чаепитии зашёл спор на извечную для Англии тему: что правильнее — добавлять молоко в чай или наливать чай в чашку, где уже есть молоко? В английском высшем свете принято доливать молоко в чай, а не наоборот, связана с физическим явлением. Знать всегда пила чай из фарфора, который может лопнуть, если сначала налить в чашку холодное молоко, а потом добавить горячий чай. Простые же англичане пили чай из фаянсовых или оловянных кружек, не опасаясь за их целость.

Английский учёный Джон Дальтон памятен нам первым описанием врождённого недостатка зрения — дальтонизма, при котором нарушено распознавание цветов. Он завещал своему лаборанту после смерти извлечь его глаза. Глаза Дальтона сохранились в банке со спиртом в Манчестерском литературно-философском обществе, и уже в наше время, в 1995 году, генетики выделили и исследовали ДНК из сетчатки. Как и следовало ожидать, в ней обнаружили гены дальтонизма.

# **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.Ф. Муравьев*

*Рук. доц. Л.Г. Петренко*

Мы живем во времена прогресса цифровых технологий, а вокруг нас вращаются колоссальные объемы информации. Терабайтные жесткие диски, флэш-накопители емкостью в несколько гигабайт, вместительные DVD-диски. Современные носители данных отличаются высокой скоростью работы и удобством в использовании. Однако за этим стоит длительный эволюционный процесс, стартовавший сразу после появления первых компьютеров и продолжающийся по сей день.

Как известно, первые компьютеры были огромны и неудобны. Данные загружались при помощи перфокарт - картонных карточек с отверстиями. Информация записывалась и считывалась согласно определенным схемам, но в основе лежал двоичный код: наличие дырки — 1, отсутствие — 0.

В качестве альтернативы перфокартам выступили перфоленты. Принцип записи информации оставался почти тем же. У перфолент было два существенных недостатка: невозможность редактирования записанных данных и хрупкость бумажной ленты.

На смену перфокартам и перфолентам пришли устройства магнитного хранения данных, основанные на явлениях электромагнетизма: 1) при пропускании электрического тока через проводник вокруг него образуется магнитное поле, при изменении направления тока меняет направление и магнитное поле; 2) в проводнике, помещённом в переменное магнитное поле, возникает электрический ток. Первое правило используется для записи данных, второе — для считывания.

Головки чтения/записи в дисковом накопителе представляют собой U-образные электромагниты, полярность которых можно очень быстро изменять, переключая направление пропускаемого электрического тока. Если вблизи зазора электромагнита располагается ферромагнетик (рабочий слой носителя), то магнитный поток, пересекающий зазор, замыкается через носитель, что приводит к ориентации его магнитных частиц (доменов) в направлении действия поля. Направление



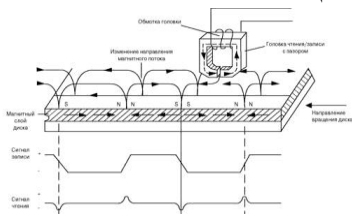
поля и, следовательно, остаточная намагниченность носителя зависят от полярности электрического поля в обмотке головки.

В магнитных

устройствах хранения

двоичные данные «превращаются» в намагниченные частички (домены), расположенные на плоском диске или ленте в виде «узора». Этот магнитный «узор» впоследствии может быть расшифрован в поток двоичных данных.

Первыми накопителями этого типа были магнитные барабаны — большие металлические цилиндры, покрытые ферромагнетиком,



вокруг которых располагался ряд считывающих головок, каждая на своей дорожке. Скорость работы устройства зависела от скорости вращения барабана. Сами головки не могли перемещаться произвольно, и контроллеру большую

часть времени приходилось ждать, когда необходимые данные появятся под нужной головкой при повороте барабана.

Следующим на арену вышел в 1956 году жесткий диск с огромным по тем временам объемом 5 МБ. Первая дисковая система IBM RAMAC состояла из 50 дисков диаметром 60 см и весила около тонны. Преимущество новинки заключалось в высокой скорости работы.

С начала 60-х и до конца 90-х годов ёмкость накопителей возросла до 10 ГБ, а габариты были уменьшены до размеров сегодняшних 5,25-дюймовых приводов. В конце 2005 года был освоен метод перпендикулярной записи, существенно увеличивший плотность записи. Кроме того, скорость передачи данных за последние двадцать лет возросла почти в 100 раз, а среднее время поиска уменьшилось в 30 раз.

Сегодня магнитные жёсткие диски доживают свои последние годы, для всех уже очевидно, что им на смену приходят твердотельные накопители (SSD), и «винчестеры» займут своё почётное место в истории развития ИТ рядом с перфокартами и перфолентами.

В SSD в отличие от жесткого диска отсутствуют движущиеся детали; он обладает отличной стойкостью к механическим воздействиям и более высокой скоростью.

[1] Жогов Н. Битва за объем. История развития компьютерных носителей информации.

//Лучшие компьютерные игры. №1(74), 2008.



# ЛАЗЕРЫ: ИСТОРИЯ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. С.А. Сокол*

*Рук. доц. Л.Г. Петренко*

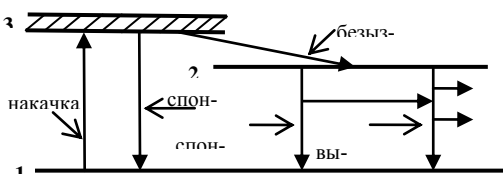
Первый оптический квантовый генератор – лазер (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) был создан в 1960 году в США Т.Мейманом, хотя идея усиления света с помощью вынужденного излучения была высказана задолго до того – в 1918 году гениальным учёным А.Эйнштейном. Он писал, что стоит направить слабый поток когерентных фотонов в среду, в которой преобладают атомы в возбужденном состоянии (так называемую инверсную среду), то они обретают огромную силу. Проблема была в создании такой среды, на ее решение ушло более 30 лет. Строгое теоретическое обоснование в рамках квантовой механики было получено П. Дираком в 1927—1930 гг., а экспериментальное подтверждение существования вынужденного излучения – в 1928 году Р. Ладенбургом и Г. Копферманном.

В 1953 году советские физики Н.Г.Басов и А.М.Прохоров и независимо от них американские физики Ч.Таунс и Д.Вебер высказали идею, а уже в 1954 году были созданы первые **молекулярные генераторы (лазеры)**, работающие **в сантиметровом диапазоне** [1-4].

Т.Мейман создал аналогичный прибор, работающий **в оптическом диапазоне** ( $\lambda=0,6943\text{мкм}$ ) - **лазер**. В рубиновом лазере инверсная населённость уровней осуществляется по так называемой **трёх-уровневой схеме**, предложенной в 1955 году Басовым и Прохоровым.

В кристалле рубина (оксиде алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) часть атомов Al замещена ионами хрома  $\text{Cr}^{+++}$  (0,03% и 0,05% ионов хрома для розового и красного рубинов соответственно).

При облучении рубина светом мощной газоразрядной импульсной лампы происходит **оптическая накачка лазера** - ионы хрома переходят с нижнего уровня **1** на уровни широкой полосы **3**. Время жизни ионов хрома в возбуждённом состоянии мало  $\sim 10^{-7}\text{с}$ . Поэтому происходят либо **спонтанные переходы  $3 \rightarrow 1$** , либо **безызлучатель-**



**ные переходы 3→2 на метастабильный уровень 2** (энергия передаётся решётке рубина). Переходы **2→1** запрещены правилами отбора, поэтому время жизни ионов хрома в возбуждённом состоянии **2** на четыре порядка больше, чем в состоянии **3**  $\sim 10^{-3}$  с. Это приводит к накоплению ионов хрома на уровне **2**, то есть возникает **инверсная населённость** уровней **1** и **2**. Каждый фотон, родившийся при спонтанном переходе **2→1**, может инициировать множество вынужденных переходов **2→1**. Возникает лавина **вторичных фотонов**, являющихся копией первичных. Так происходит **лазерная генерация**.

Для создания инверсной населённости среды лазера используются различные механизмы. В твердотельных лазерах она осуществляется за счет облучения сфокусированным солнечным излучением (оптическая накачка) и излучением других лазеров (в частности, полупроводниковых), мощными газоразрядными лампами-вспышками.

Лазерное излучение имеет характерные особенности:

1) временную и пространственную когерентность; 2) строгую монохроматичность ( $\Delta\lambda < 10^{-11}$  м); 3) большую плотность потока энергии (20 кВт/мм<sup>2</sup>); 4) очень малое угловое расхождение в пучке.

В настоящее время созданы несколько десятков разных типов лазеров, которые можно классифицировать по:

1) типу активной среды - твёрдотельные, жидкостные, газовые, полупроводниковые; 2) методу накачки (созданию инверсной заселённости уровней) - оптические, тепловые, химические, электроионизационные; 3) режиму генерации - непрерывные, импульсные.

Физика лазеров интенсивно развивается. С момента изобретения лазера почти каждый год появляются всё новые его виды, приспособленные для различных целей. В 1961 г. был создан лазер на неодимовом стекле, а в течение следующих пяти лет были разработаны лазерные диоды, лазеры на красителях, лазеры на двуокиси углерода, химические лазеры. В 1963 г. Ж. Алфёров и Г. Кремер (Нобелевская премия по физике 2000 г.) разработали теорию полупроводниковых гетероструктур, на основе которых были созданы многие лазеры [3,4].

Лазеры широко применяются: в научных исследованиях, в частности в голографии; в компьютерной и измерительной технике; при обработке, резании, микросварке твёрдых материалов; при получении и исследовании высокотемпературной плазмы (проблема управляемого термоядерного синтеза); в хирургии и медицинских исследованиях; для создания световых эффектов на музыкальных представлениях [1].

- [1] [www.wikipedia.org.ru/](http://www.wikipedia.org.ru/) "Лазер".
- [2] Б.Ф.Федоров. Оптические квантовые генераторы. [Freebooks.net.ua](http://Freebooks.net.ua).
- [3] Л. В. Тарасов. Лазеры: действительность и надежды. М.: Наука, 1985.

# **ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКЕ. ТОМОГРАФИЯ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. В.О. Корабельский*

*Рук. ст. пр. И.В. Галушак*

Метод компьютерной томографии в 1961 году предложил американский нейрорентгенолог Вильям Ольдендорф, а в 1963 математик Алан Кормак (США) провел лабораторные эксперименты по рентгеновской томографии и показал выполнимость реконструкции изображения. Первая томограмма головного мозга человека получена в 1972г

Среди всех существующих томографических методов особого успеха достигла радиационная компьютерная томография (КТ). Преимуществами КТ по сравнению с традиционной рентгенографией стали: 1) отсутствие теневых наложений на изображении; 2) более высокая точность измерения геометрических соотношений; 3) чувствительность на порядок выше, чем при обычной рентгенографии.

В целом можно выделить 5 поколений КТ-сканеров.

В томографах 1 поколения, появившихся в 1973 году, имелась одна остронаправленная рентгеновская трубка и один детектор, которые синхронно передвигались вдоль рамы (рис. 2а). Измерения проводились в 160 положениях трубки, затем рама поворачивалась на угол 1 и измерения повторялись и занимали 2,5 часа.

Томографы 2 поколения имели уже несколько детекторов, работающих одновременно, а трубка излучала уже веерный пучок. Он так же использовал параллельное сканирование, как и томограф 1 поколения, но угол поворота трубки увеличился до 30. Общее время измерений составляло 20 секунд.

В томографах 3 поколения (середина 70-х годов) трубка излучала широкий веерный пучок лучей, направленный на множество детекторов (около 700), расположенных по дуге. Усовершенствованная конструкция сделала возможным непрерывное вращение трубки и детекторов на 360 по часовой стрелке. Для получения одного изображения нужно до 10 секунд.

В томографах 4 поколения имелось сплошное неподвижное кольцо детекторов (1088 люминесцентных датчиков) и излучающая веерный пучок лучей рентгеновская трубка, вращающаяся вокруг пациента внутри кольца. Время сканирования для каждой проекции сократилось до 0,7 секунд, а качество изображения улучшилось.

Вначале 1980-х появились электронно-лучевые томографы (томографы 5 поколения). Данные томографы используются при исследованиях сердца, т. к. позволяют получать изображение за 33 мс со скоростью 30 кадров/секунду, а число срезов не ограничено теплоемкостью трубки. Конфигурация компьютерного томографа.

В состав любого КТ-сканера входят следующие основные блоки: 1. гентри со столом пациента и блоками управления; 2. высоковольтный генератор; 3. вычислительная система; 4. консоль оператора.

Компьютерная обработка изображения позволяет различать более ста степеней изменения плотности исследуемых тканей - от нуля - для воды, ликвора до ста и более - для костей, что дает возможность дифференцировать различия нормальных и патологических участков тканей в пределах 0,5-1%, т.е. в 20-30 раз больше, чем на обычных рентгенограммах. Комнату сканирования окружает клетка Фарадея - электрически проводящий экран (медная сетка или листы алюминия), уменьшающий влияние внешних радиоволн на работу МР- томографа и предотвращающий выход РЧ волн за пределы процедурной комнаты.

Магнитно-резонансная томография.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) - это метод отображения, основанный на явлении ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) и используемый преимущественно для медицинских исследований. Ее преимущество перед КТ состоит в более высокой разрешающей способности, большей контрастности изображений, возможности получения срезов в различных плоскостях и отсутствии гамма-лучевого воздействия на пациента. МРТ по сравнению с КТ позволяет составить более четкое представление об объеме и неравномерности распространения опухолей.

### **2.7. Виды изображений**

Ткани с коротким  $T_1$  дают яркий сигнал на  $T_1$  ИП. Из-за большей продольной и поперечной намагниченности, жир имеет более сильный сигнал и будет ярким на  $T_1$  ВИ. Наоборот, продольная намагниченность воды до РЧ импульса меньше, поэтому меньшая поперечная намагниченность после импульса даст меньший сигнал (темная на  $T_1$  ВИ).

Термин  $T_2$  ВИ используется для описания контраста между тканями.

Например, жир имеет более короткое время  $T_2$  релаксации, чем вода и затухает быстрее воды. Т.к. поперечная намагниченность жира мала, он дает слабый сигнал на  $T_2$  изображении (темный).  $T_2$  взвешенность сильнее при более длинном ТЕ. Вода имеет большую  $T_2$  постоянную и поэтому даёт сильный  $T_2$  сигнал (яркая на  $T_2$  изображениях).

В общем случае патологию выявляют по специфическому сигналу на трех основных видах изображений:  $T_2$ -изображения, изображения протонной плотности (PD)/FLAIR или  $T_1$ -изображения

# **СОЗДАНИЕ В ХАРЬКОВЕ ПЕРВОГО В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ ТРЕХКООРДИНАТНОГО РАДИОЛОКАТО- РА ДЕЦИМЕТРОВГО ДИАПАЗОНА**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.В. Денисенко*

*Рук. асс Е.Б. Алмазова*

По окончании второй мировой войны появился ряд публикаций, в которых отражалась история радиолокационной техники, начиная с формулировки основных физических принципов, постановки первых экспериментов, натурных испытаний и заканчивая изготовлением опытных промышленных образцов с использованием первых радаров в боевых действиях. В этих статьях рассматривался вклад инженеров и ученых различных научных школ, в том числе и зарубежных, однако исследования советских физиков в этой области были отражены в то время крайне поверхностно, вследствие засекреченности исследований в этом направлении. Первые более-менее глубокие по содержанию статьи касающиеся истории советской радиолокации появились в печати только в 60-70-е годы. Следует отметить, что в этих статьях не упоминается о создании в Харькове, в конце 30-х годов, первого в Советском Союзе импульсного радиолокатора дециметрового диапазона. Однако именно харьковские ученые являются пионерами в этом вопросе.

Создание харьковскими учеными радиолокатора было определено развитием Харькова, как крупного культурного и научного центра, и базировалось на богатейших университетских традициях. Еще в 1921 году на базе Харьковского университета был создан Харьковский институт народного образования (ХИНО), где возникла одна из первых в Украине научно-исследовательских кафедр физики под руководством Рожанского Д. А. Уже в 1926 году радиофизические исследования в Харьковском университете были значительно расширены вследствие образования сектора электромагнитных колебаний, под руководством Слуцкого А.А. (с 1930 года руководит лабораторией электромагнитных колебаний в составе УФТИ, а с 1933 года является руководителем кафедры электромагнитных колебаний Харьковского университета) Именно это стало отправной точкой для формирования харьковской радиофизической школы. К научной работе стали привлекаться способные студенты и молодые сотрудники кафедры, для которых основ-

ным объектом исследований становится магнетрон, являющегося сердцем радиолокатора.

С марта 1937 года по договору с Управлением связи РККА и тактико-техническим требованиям НИИИС КА УФТИ наряду с работами по исследованию магнетронных генераторов перешел к комплексной работе по созданию импульсного электромагнитного прожектора дециметрового диапазона для зенитной артиллерии, эта работа получила кодовое название «Зенит».

В 1939-1940 годах УФТИ кроме разработки радиолокатора «Зенит» по договорам с Управлением связи КА провел три научно-исследовательские работы: «Генератор и приемное устройство на сантиметровых волнах», «Применение принципа независимого возбуждения для генерирования стабильных по частоте импульсов дециметровых волн» и «Построение генератора мощных импульсов на дециметровых волнах, стабилизированного с помощью объемного контура». Результаты этих исследований, а также опыт разработки системы «Зенит» позволили УФТИ в 1941 году по договору с НИИИС КА начать работы по созданию радиолокатора «Рубин». Эта система, наряду с увеличением дальности обнаружения самолета и повышением точности определения координат цели, должна была быть выполненной в одноантенном варианте.

Историю создания в Харькове трехкоординатного радиолокатора целесообразно представить в контексте тех событий, в которых происходило зарождение и становление радиолокации, как нового научно-технического направления, имеющего большое военно-прикладное значение. В 30-е годы, характерные стремительным развитием авиации, происходит резкое повышение характеристик боевых самолетов – скоростей, высотности полета и методов навигации. Применение оптических и акустических средств не может решить задачу обнаружения самолетов противника в любое время суток, в любых погодных условиях. В Великобритании, в США, Германии и СССР практически одновременно начинают развиваться новые методы с использованием радиоволн для обнаружения и определения координат самолета по отраженному сигналу. В 1938 году в УФТИ АН УССР впервые в Советском Союзе была создана и испытана лабораторная радиолокационная установка дециметрового диапазона волн, позволяющая определять три координаты самолета, находящегося в воздухе (дальность, азимут, угол места). Эта разработка в идейном плане опережала основные тенденции развития радиолокационной техники, сформировавшиеся в Великобритании, США и Германии, однако целый ряд причин помешал осуществлению серийного производства.



# КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ ЦИОЛКОВСКИЙ – ОСНОВОПОЛОЖНИК КОСМОНАВТИКИ

*Национальный технический университет  
Харьковский политехнический институт*

*Ст. М.С. Яковлюк  
Рук. доц. В.И. Белозерцева*

Имя великого русского учёного и изобретателя в области аэродинамики и ракетодинамики К. Э. Циолковского известно во всём мире. Вся деятельность его — настоящий подвиг во славу своего народа, на благо всего человечества. Родился Константин Эдуардович 5/17 сентября 1857 года в селе Ижевском Рязанской (Калужской) губернии в семье лесничего Эдуарда Игнатьевича Циолковского.

После перенесенной в детстве скарлатины Циолковский почти полностью потерял слух, глухота не позволила продолжать учебу в школе, и с 14 лет он стал заниматься самостоятельно, а также интересоваться физикой, химией, механикой, астрономией, математикой и т. д. Эта самостоятельность развития поможет будущему ученому выработать свой особый стиль творчества, в котором всегда будут преобладать свобода мышления, широта кругозора, глубина научного анализа, настойчивость в доведении каждого научного вопроса до логического разрешения, вера в необходимость и важность своего труда, органическое сочетание теории и эксперимента.

Эдуард Игнатьевич — отец Циолковского, отправил сына в Москву для получения технического образования. Но в столице, отказавшись от поступления в какое-либо учебное заведение, юноша решил заняться самообразованием. В 1876 году 19-летний Константин по вызову отца возвратился домой.

В 1879 году юноша экстерном сдал экзамены на звание учителя и в 1880 году назначен учителем арифметики и геометрии в Боровское уездное училище Калужской губернии. Таким образом начался Боровский период жизни К.Э. Циолковского — период его становления как педагога и как ученого.

В 1883 году он закончил рукопись «Свободное пространство», изложенную в виде научного дневника. К. Э. Циолковским впервые

был сделан четкий вывод — единственно возможный способ перемещения в космическом пространстве основан на принципе реактивного движения.

В 1885 году он твердо решил отдалиться воздухоплаванию и теоретически разработать металлический управляемый аэростат. Результатом раздумий, исканий, расчетов явилась большая работа «Теория и опыт аэростата». Исследование это было первым в мире трудом о дирижабле переменного объема с металлической оболочкой. Циолковский построил аэродинамическую трубу для испытания моделей летательных аппаратов. Это была первая в России «воздухоудувка», как называл ее ученый, с открытой рабочей частью.

В 1903 году был завершен капитальный труд «Исследование мировых пространств реактивными приборами». В нем впервые в мире основывалась возможность применения реактивных летательных аппаратов для межпланетных сообщений, давалась теория полета ракеты.

Константин Эдуардович Циолковский продолжил свои научные изыскания, завершилась работа над серьезнейшим научным трудом «Аэростат и аэроплан».

В 1918 г. летом он был избран членом-соревнователем Социалистической Академии. Циолковский отдал педагогической работе почти 42 года жизни. Последние два года он преподавал физику, математику, астрономию и химию в единой трудовой школе 2-й ступени. 5 июня 1919 года ученый был избран почетным членом Русского Общества Любителей мироведения.

В 1919 году в трудах Общества была помещена работа «Кинетическая теория света».

В 1920 году в издании Общества вышла тиражом в 300 экземпляров научно-фантастическая повесть Циолковского «Вне Земли». В 1918 году она была напечатана в журнале «Природа и люди».

Константин Эдуардович был неистовым мечтателем, его волновало множество проблем. Широко был круг его интересов, но все работы Циолковского были направлены к единой цели — освоению природы для блага человека. За шесть дней до смерти, 13 сентября 1935 года К. Э. Циолковский написал свое знаменитое письмо-завещание: «Всю свою жизнь я мечтал своими трудами хоть немного продвинуть человечество вперед».

**ПРИЛАДИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ  
ТА ПРИЦІЛЮВАННЯ СУЧАСНОГО ТАНКА**  
*Гвардійський орден Червоної Зірки факультет військової підготовки Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»*  
**Курс.: Д. Мураховський, Б. Чорноротий, І. Чорноротий**  
**Кер.: доц. Ю.Г. Окладной, п-к С.О. Сладкіх,**  
**п/п-к Д.В. Балашевич**

Перші танки успадкували від артилерії та підводних човнів оптичні приціли, перископи. Навіть не всі моделі мали такий простий, але дуже важливий засіб спостереження, як командирська башточка. Подальший розвиток засобів спостереження та прицільовання танка йшов, з одного боку, шляхом вдосконалення оптичних приладів, а з іншого - в напрямку залучення для цього нових діапазонів спектра електромагнітних хвиль.

Ще за часи другої світової війни на танках з'явилися перші прилади нічного спостереження. За ті часи вони не могли надати танковим військам рішучої переваги над супротивником. Але за сплином часу кількість перейшла у якість. Сучасний бій неможливо уявити без широкого застосування радіолокаторів, приймачів інфрачервоного випромінювання, інших передових досягнень науки та техніки.

Від початку другої половини XX сторіччя та дотепер можна спостерігати виникнення та зміну трьох поколінь танків. Перше покоління приходить на п'ятдесяті роки минулого століття. Танки того часу були дуже схожі на кращі бойові машини другої світової.

Друге покоління відноситься до 1960-1970 років. Для нього було, зокрема, характерне широке застосування систем стабілізації основного озброєння, активних систем ведення бою за умов обмеженої видимості (прилади нічного спостереження), аналогових балістичних обчислювачів.

До третього покоління відносяться танки, що з'явилися на початку 90-х років і на сьогодні складають ядро сухопутних військ армій високорозвинених країн. Для них характерні наявність інтегрованої системи управління вогнем із цифровим балістичним обчислювачем, лазерний дальномір, тепловізійна система спостереження та наведення на ціль, скорочення чисельності екіпажу до трьох-чотирьох та інше.

Типовим прикладом перспективної моделі танка є проект "Молот", який почали розробляти у Харківському КБ ще на початку 80-х років під назвою "об'єкт 477". Цим проектом передбачається зробити башту танка повністю автоматизованою, без розташування в ній членів екіпажу.

Спеціалісти вважають, що знаходження цілей танками цієї моделі буде здійснюватися за допомогою багатоканального приціла з низькорівневою телевізійною системою та тепловізійним каналом, а також за допомогою радара, встановленого над баштою танка. В комплексі спрягаються низькорівневий телевізійний, тепловізійний та активно-імпульсний канали. Інформація з цих каналів обробляється сумісно, забезпечуючи високоякісне зображення за рахунок його відновлення за сигналами з різних каналів. Шляхом залучення до комплексного приладу радіолокаційного каналу повністю розв'язуються проблеми всепогодності, цілодобовості та поміхозахисності.

Для реєстрації інфрачервоного випромінення в класичних електронно-оптичних перетворювачах застосовують киснево-срібно-цезієвий катод, а в сучасних приладах із зарядовим зв'язком - вузькозонні напівпровідники.

Таким чином, вдосконалення систем спостереження та прицілювання сучасного танка йде шляхом використання з цієї метою нових діапазонів електромагнітних хвиль. Застосовуються нові прилади, дія яких заснована на використанні досягнень сучасної фізичної науки та нових матеріалів, здобутих завдяки розвитку фізичного матеріалознавства.

#### Література:

1. Тепловидение. - Физический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1983. - с. 745.
2. Электронно-оптический преобразователь. - Физический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1983. - с. 883.
3. Тепловизор. - Википедия.
4. Танки и их поколения. - <http://topwar.ru/armament/armour/195-tanki-i-ix-pokoleniya.html>
5. ОБТ «Молот» - <http://www/btvt.narod.ru/3/molot.htm>.
6. Полупроводники. - Физический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1983. - с. 563-568.

## ГІРОСКОПИ В СИСТЕМАХ СТАБІЛІЗАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ ТАНКІВ

*Гвардійський ордена Червоної Зірки факультет військової підготовки Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Курс.: Р. Гулієв, О. Онушко*

*Кер.: доц. Ю.Г. Окладной, доц. П.А. Бондарук*

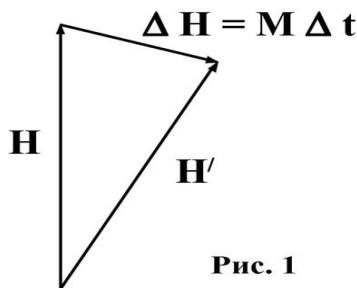
До другої світової війни танки не мали ефективних систем стабілізації озброєння. Для того, щоб зробити постріл, екіпаж мав зробити коротку зупинку, під час якої ставав гарною мішенню для протитанкових засобів противника. При стрільбі на ходу імовірність влучити у ціль була настільки низькою, що танк міг використати весь боезапас і при цьому не влучити у ціль.

Основним завданням системи стабілізації є приведення гармати в потрібний час в потрібне положення при наведенні та стрільбі по ціль. Коли екіпаж впізнав ціль, навідник має навести прицільну марку на ціль для досягнення найвищого рівня її ураження. Система стабілізації повинна дозволити навіднику супроводжувати руху ціль без великих відхилень від лінії прицілювання. Основною вимогою до системи стабілізації є влучна стрільба по нерухомих та рухомих цілях під час високошвидкісного руху танка. Лише добра система стабілізації дає високу імовірність ураження першим пострілом.

У вирішенні цієї проблеми на допомогу танкістам прийшли гіроскопи. Термін "гіроскоп" можна перекласти як "спостерігач обертання". Він був запропонований в 1852 році французьким вченим Леоном Фуко для прилада, призначеного продемонструвати обертання Землі навколо своєї вісі. Дія класичних електромеханічних гіроскопів заснована на механічному гіроскопічному ефекті, який обумовлений законом збереження механічного моменту. Симетричні тіла, які обертаються з великою швидкістю, зберігають напрямок вісі свого обертання. Кінетичний (механічний) момент твердого тіла визначається за формулою

$$H = I \omega, \quad (1)$$

де  $I$  - момент інерції твердого тіла,  $\omega$  - його кутова швидкість. Чим швидше обертається тіло, тим більше його механічний момент. Щоб змінити його напрямок, необхідно докласти до твердого тіла імпульс моменту сили  $M$   $\Delta t$  (див. рис. 1).



**Рис. 1**

Тому зміна напрямку вісі обертання твердого тіла, що швидко обертається, потребує прикласти для цього значні зусилля.

Справжній "шторм" проблеми стабілізації озброєння танків був влаштований наприкінці 40-х та протягом 50-х років минулого століття.

В якості приклада розглянемо систему стабілізації озброєння танка Т-10. В перших модифікаціях цього танка було застосовано перископічний стабілізований приціл, одне із дзеркал якого стабілізувалося у вертикальній площині за допомогою гіроскопічного приладу. Точне наведення забезпечував електрогідравлічний привід за рахунок роботи датчика за різницею кутів установки приціла і пушки.

Незабаром було спроектовано систему двоплощинної стабілізації озброєння, котра була повинна компенсувати вплив на наведення гармати не тільки вертикальних переміщень, а також і кутів рискання танка по курсу. У модифікованому Т-10 використовувався приціл, в якому одне дзеркало стабілізувалося у вертикальній площині, а друге - в горизонтальній, за рахунок чого забезпечувалася стабілізація поля зору в обох площинах.

Класичні електромеханічні гіроскопи мають два суттєвих недоліки. По-перше, робота електродвигуна, який забезпечує стабільне обертання ротора гіроскопа, потребує значних енерговитрат. По-друге, вони мають достатньо високе випадкове зрушення вісі обертання прилада - на рівні не менше  $10^{-2}$  градуси на годину. В той же час у кращих альтернативних приладів, дія яких заснована на інших фізичних принципах, цей показник на 3-4 порядки нижчий.

Розвиток гіроскопічної техніки призвів до того, що гіроскопами стали називати досить широкий клас приладів. Сьогодні термін "гіроскоп" використовується для назви пристроїв, до складу яких входить

матеріальних об'єкт, який здійснює швидкі періодичні рухи. Сьогодні відомо понад сто різноманітних явищ та фізичних принципів, які дозволяють вирішувати гіроскопічні задачі.

Значні досягнення в галузі розробки та промислового випуску світловодів із мінімальним значенням погонного затухання та інтегральних оптичних компонентів призвели до початку робіт над волоконно-оптичним гіроскопом. Він являє собою волоконно-оптичний інтерферометр, в якому розповсюджуються зустрічні електромагнітні хвилі. Досягнуті на лабораторних зразках точності цих гіроскопів значно перевищують точності класичних електромеханічних.

Принцип дії оптичного гіроскопа заснований на ефекті Саньяка. По оптичному шляху у вигляді кола, завдяки розщеплювачу променя світло розповсюджується у двох протилежних напрямках. Якщо при цьому система знаходиться в стані спокою, обидва світлових промені долають шлях однакової оптичної довжини, і фазовий зсув між цими променями відсутній. Проте, коли оптична система обертається, між світовими хвилями виникає різниця фаз. Це явище і зветься ефектом Саньяка.

Дослідження кільцевих лазерних гіроскопів розпочалося у 60-ті роки минулого сторіччя. На сьогодні досягнуто стабільність нульової точки приблизно 0,001 градуси на годину.

Волоконно-оптичні гіроскопи відрізняються від інших відсутністю механічних систем. Це робить їх придатними до використання не тільки в навігації, але і в інших галузях, зокрема у системах стабілізації озброєння танків

#### Література:

1. Гирскоп. - Физический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1983. - с. 125-127.
2. Танки и их поколения. - <http://topwar.ru/armament/armour/195-tanki-i-ix-pokoleniya.html>.
3. Системы стабилизации в современных танках. - Military Technology, 2001, Special Issue, No 3, p. 78-79. - [btvt.narod.ru](http://btvt.narod.ru).
4. Тяжёлый танк Т-10 (ИС-10) - <http://forum.worldoftanks.ru/index.php?/topic/9427-тяжелый-танк-т-10-ис-10/>
5. Волоконно-оптические гироскопы. - <http://www.refs.su/refssu-26709.htm>.
6. Ю.Г. Мартыненко. Тенденции развития современной гироскопии. - Соросовский образовательный журнал, № 11, 1997. - с. 120 - 125.

## УКРАИНА И ШТУРМ КОСМОСА. К 50-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ПОЛЁТА ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: М. Побережная, А. Тарасова  
Рук. доц. Ю.Г. Окладной*

В эти дни всё прогрессивное человечество отмечает полувековой юбилей первого полёта человека в космос. Запуск первого искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г., старт космического корабля "Восток" с Юрием Гагариным на борту 12 апреля 1961 гн. явились итогом многолетних усилий тружеников сотен НИИ, КБ, предприятий целого ряда отраслей промышленности. Этот старт явился триумфом двух поколений - тех, кто с оружием в руках защитил человечество от фашизма в годы Великой Отечественной войны и детей войны, которые повзрослели и встали на трудовую вахту уже в послевоенные годы.

Не обошёл штурм космоса и Украину, входившую в tandem наиболее развитых в научно-промышленном отношении советских республик. Задолго до первых космических стартов в Киеве была создана МЭСМ - Малая электронно-счётная машина, первая в континентальной Европе ЭВМ. В числе её пользователей - академик, будущий президент Академии Наук СССР М.В. Келдыш, чьи работы в области механики напрямую связаны с созданием космических аппаратов.

Уроженцем Украины, воспитанником Киевского политехнического института был Генеральный конструктор космических ракет и летательных аппаратов С.П. Королёв.

Сегодня всемирно известна трасса Ю.В. Кондратюка, по которой летательные аппараты направляются к Луне. Его жизнь и творческая деятельность в 20-30 годы минувшего столетия тесно связана с первой столицей Украины Харьковом. В те же годы начинал свою трудовую деятельность директор астрономической обсерватории Харьковского госуниверситета будущий академик, Герой Социалистического Труда Н.П. Барабашов. Исследования сотрудников обсерватории тесно связаны с освоением космоса. Филиал обсерватории находится в окрестностях села Граково Змиевского района. Рядом размещается круп-



нейший в мире радиотелескоп Радиоастрономического института Национальной академии наук Украины. В том же районе находится генератор импульсных напряжений, принадлежащий Научно-исследовательскому и проектно-конструкторскому институту "Молния" НТУ "ХПИ". Эта уникальная установка позволяет испытывать на защищённость от удара молний различных видов техники, в том числе и космических аппаратов.

Известны своим вкладом в освоение космоса учёные академических Физико-технического института низких температур, Института радиофизики и электроники.

Не отстают от харьковских учёных и наши производственники. Участниками штурма космоса являются коллективы десятков харьковских предприятий. Среди лидеров - Хартрон, создающий системы управления для космических летательных аппаратов, Харьковский приборостроительный завод им. Шевченко.

#### Литература

1. Хартрон -Википедия. - <http://ru.wikipedia.org/wiki/Хартрон>
2. Харьковский приборостроительный завод им.Шевченко (ХПЗ) (Монолит, ХГПО), ГП. - <http://1413.ua.all-biz.info/>
3. Радиоастрономический институт НАН Украины. - <http://ri.kharkov.ua/>
4. Научно-технологическая республика Политех. - <http://kharkov.vbelous.net/politex.htm>
5. Кондратюк, Юрий Васильевич - Википедия. - [http://ru.wikipedia.org/wiki/Кондратюк,\\_Юрий\\_Васильевич](http://ru.wikipedia.org/wiki/Кондратюк,_Юрий_Васильевич)
6. Королёв, Сергей Павлович - Википедия. - [http://ru.wikipedia.org/wiki/Королев,\\_Сергей\\_Павлович](http://ru.wikipedia.org/wiki/Королев,_Сергей_Павлович)
7. Барабашов, Николай Павлович - Википедия. - [http://ru.wikipedia.org/wiki/Барабашов,\\_Николай\\_Павлович](http://ru.wikipedia.org/wiki/Барабашов,_Николай_Павлович)
8. История развития информационных технологий в Украине. - <http://ukrainiancomputing.info>.

## ОПЕРЕДИВШИЕ ВРЕМЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.П. Фрадкина  
Рук. доц. В.К. Якуша*



В иерархии международных премий самой выдающейся, уникальной и престижной является Нобелевская премия. За ней следует Пулитцеровская, Букеровская и премия Прицкера. Затем Гонкуровская и «Малый Буккер», имеющие национальный характер. С момента учреждения Нобелевской премии (1901) ее обладателями во всех номинациях стали 788 ученых из 65 стран. В списке стран с наибольшим числом лауреатов с большим отрывом лидируют США-американцы получили 304 премии. Затем следуют Великобритания-114 премий, Германия-96 и Франция-58. Россия и СССР- на седьмом месте после Швеции и Швейцарии(делит его с Австрией). Среди россиян-22 лауреата. Но фактически их больше, поскольку некоторые получили американское гражданство, хотя родились и получили образование в России.

Самым молодым нобелевским лауреатом стал физик Уильям Лоуренс Брэгг(1915)-25 лет. Самым старым- физик Джон Хасбург Ван Флек (1977)-88 лет.

В общем количестве награжденных женщины составляют всего 4,4%-40 человек. При этом первая женщина-лауреат Мария Кюри удостоивалась премии дважды: в 1903 году в области физики(совместно с мужем Пьером Кри и Анри Беккерелем)и в 1911 году –в области химии.

1911-Мария Склодовская- Кюри. Франция- Химия- «за открытие радия и полония».

1935-Ирен Жолио-Кюри(совместно с Фредериком Жолио-Кюри). Франция-Химия-«за синтезирование новых радиоактивных элементов».

1963-Мария Гепперт- Майер(совместно с Йоханнесом Хансом Даниелем Йенсеном).США-Физика-«за открытия, касающиеся структуры оболочки ядра».

1964-Дороти Ходжкин. Великобритания-Химия-«за определения применимости рентгеновских методов для структур важных биохимических веществ».

1991-Надин Гордимер. ЮАР-Литература-«за ее великолепный эпос в письменной форме-по словам Альфреда Нобеля-за очень большую пользу для человечества.



Были ли среди Нобелевских лауреатов украинцы?

Сегодня с полным правом можно говорить лишь о восьми лауреатах Нобелевской премии, родившихся на украинской земле.

Первым нобелевским лауреатом, имевшим украинские корни, стал Илья Мечников, выходец из села Ивановка на Харьковщине. Совместно с немецким фармакологом и иммунологом Паулем Эрлихом в 1908

году ему была присуждена премия за труды по иммунитету(тогда ученый жил и работал в Париже).

В 1944 году выходец из Галицкого городка Романов на Перемышлевщине(ныне территория Польши)Исидор Айзер Раби, гражданин США, стал вторым лауреатом премии Нобеля среди украинцев за резонансный метод измерения магнитных свойств атомных ядер.

В 1952 году третьим выходцем из Украины, удостоенным Нобелевской премии,стал родившийся в селе Нова Прилука Винницкой области Зельман Абрахам Ваксман. Ученый(гражданин США)был награжден за открытие стрептомицина –антибиотика, эффективного в лечении туберкулеза.

Пока единственным писателем-лауреатом(четвертый в украинском списке), родившимся в Украине, стал в 1966 году прозаик Шмуэль Аг-нон. Его родина-город Бучач Тернопольской области.

Экономист Саймон Кузнец,родившийся в Харькове,за эмпирическое обоснование толкования экономического роста стал нобелевским лауреатом в 1971 году(пятый представитель, украинец по происхождению, в плеяде мировых гениев-ученых).

Нынешний белорусский город Брест-Литовск(древнее этнически украинское Берестя)-родина нобелевского лауреата 1978 года Менахема Бегина(Премия мира).

В 1981 году «нобелевку» получил Роалд Гоффманн,родившийся в Золочеве на Львовщине(награжден вместе с японцем Кенити Фукуи за разработку теории протекания химических реакций, созданную не зависимо друг от друга).

Восьмым в списке значится французский физик Жорж Шарпак-выходец с Ровенщины(с.Дубровице).

В 1992 году ему присуждена Нобелевская премия за изобретение и усовершенствование детекторов частиц, особенно многопроводной пропорциональной камеры.

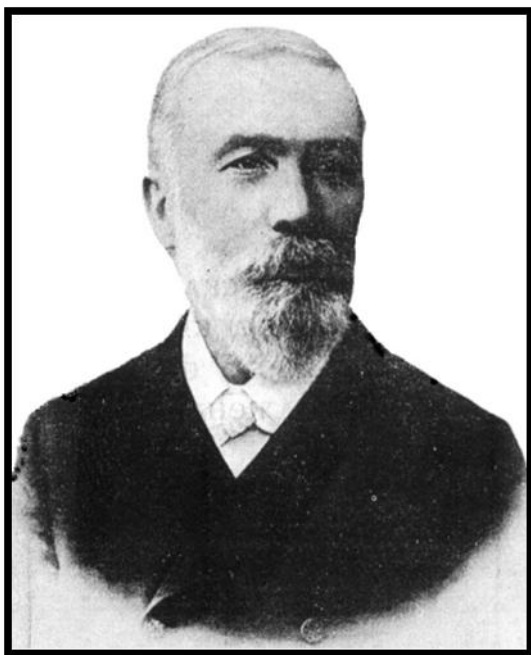
Среди лауреатов Нобелевской премии были деятели,родившиеся в семьях,происходящих из Украины.Поэт Борис Пастернак(Нобелевская премия в области литературы,1958)-сын одесситов. Физик Петр Капица, потомок старинного благородного украинского рода Стебнищих.

## ПЕРВОПРОХОДЕЦ ИВАН ПУЛЮЙ

*Национальный технический университет  
“Харьковский политехнический институт”*

*Ст. А.О. Мирошниченко*

*Рук. доц. В.К. Якуша*



В 1845 году, в Украине родились два человека, которым суждено было стать выдающимися учёными: Илья Мечников и Иван Пулуй. В этом же году в Германии родился Вильгельм Рентген. Мечникову и Рентгену повезло больше: они были удостоены Нобелевской премии. Иван Пулуй, внёсший неоценимый вклад не только в науку, но и в развитие украинской культуры, Нобелевской премии не получил по той простой причине, что работы о своём изобретении подарил

Рентгену, работавшему над разгадкой природы так называемых “Х-лучей”. Вильгельм Конрад Рентген, выступая с первым сообщением об открытии, скромно умолчал о трудах Пулюя и вошел в историю человеческой цивилизации как открыватель лучей, называемых рентгеновскими.

Малой родиной Ивана Павловича Пулюя является село Гримайлив Гусятинского района Тернопольской области. Родился он в глубоко религиозной семье грекокатоликов. После окончания Тернопольской гимназии он приезжает в столицу Австро – Венгерской империи и поступает на технологический факультет Венского университета. Окончив курс учебы с отличием, поступает на физико– математическое отделение философского факультета. Блестяще защитив дипломную работу, едет в Хорватию, где преподает физику и электротехнику в Военно – морской академии в Фиуме. Вскоре он уже доцент Венского университета, а затем – профессор Высшей технической школы (ВТШ) в Праге.

Ивана Павловича избирают ректором ВТШ. Его приглашают для чтения лекций в Германию, Францию, Страсбургский университет (где он вместе со знаменитым Николой Теслой проходил стажировку под руководством профессора Августа Кундта) присваивает ему звание доктора натурфилософии. Оценивая деятельность И. Пулюя и Н. Теслы, проводивших множество исследований с газоразрядными трубками, многие историки науки и ученые – физики пришли к выводу, что эти ученые оказались ближе всех к разгадке природы излучения, производимого катодными лучами.

Когда министерство образования Австро – Венгерской империи при формировании кафедры физики Немецкой высшей технической школы в Праге (ныне Чешский технический университет) искало профессора экспериментальной и технической физики, единственной достойной кандидатурой оно признало И. Пулюя. Он создал кафедру физики и электротехники. Правительство Чехии и Моравии назначает его государственным советником по электротехнике.

Однако вернемся к пулюевским лучам, ставшими известными и широко употребляемыми во всем мире под названием рентгеновских.

Следует сразу сказать, что никто не собирается умалять заслуги Рентгена в науке. Вильгельм Конрад Рентген был выдающимся физиком, и независимо от того, насколько меньше или дальше, нежели Пулюй, продвинулся он в своем открытии, его вклад в науку был огромен. Однако историей науки зафиксирован факт, что Иван Пулюй впервые применил и исследовал загадочные лучи в 1892 году. В знак глубоко-

го уважения к Рентгену он подарил ему свои труды и опытный образец “ вакуумной рурки ” – для получения “ X- лучей”, и к тому времени, как немецкий физик обнародовал свое открытие, Иван Пулюй уже имел первые снимки просвеченной руки своей дочери Натальи, сделанные при помощи той самой “ X - лучевой ” трубки. Еще раньше ( до 1895 года ) был сделан пулюевский снимок медальона .

В науке часто бывает так, что к одному и тому же открытию приходят разные ученые независимо друг от друга. Есть немало специалистов в области истории науки, которые убеждены, что Рентген самодельно сделал своё открытие “ X- лучей”. Исследователи творчества Рентгена не сомневаются в его приоритете и решительно отменяют версию ученых, утверждающих, что приоритет должен принадлежать Пулюю. Есть и альтернативная версия : оба физика пришли к открытию независимо друг от друга. Мы можем согласиться , что так оно и было, ведь в научном мире можно найти множество примеров, когда исследователь, сделавший открытие, не торопится его обнародовать, годами проверяя его . Когда же он получает информацию, что к таким же научным выводам пришел другой ученый , он убеждается в подлинности своего открытия и тогда с полной уверенностью передает гласности результаты своих научных поисков.

Тем не менее нам достоверно известно, что Вильгельм Конрад Рентген выступил с первым сообщением о своём открытии перед Вюрцбургским физико – медицинским обществом лишь 28 декабря 1895 года, то есть значительно позже, чем получил в подарок от Ивана Пулюя образец пулюевской трубки для получения таких же “ X - лучей” и печатные труды, посвященные открытию талантливого украинца.

В некоторых средствах массовой информации можно встретить острую критику любых попыток восстановить историческую справедливость в отношении Ивана Пулюя и его открытия. Однако вместо аргументов применяется высмеивание украинцев, которые, дескать, скоро и у Колумба захотят отобрать первенство в открытии Америки. Справедливости ради заметим, что в ряде случаев наши соотечественники, авторы публикаций о приоритете всего украинского, теряли чувство меры, принимая желаемое за действительное. И потому фактически оказывали Украине и нашей науке медвежью услугу.

## ПАРАДОКСЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО РАСШИРЕНИЯ

*Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина*

*Ст.: Ю. Клименко, А. Лёвкина, В. Ляшенко,  
Д. Муленко*

*Рук.: доц. А.Р. Казачков, доц. М.А. Колосов,  
н.с. С.А. Власенко*

Небольшой керамический сосуд «чайная рыба» предназначен для использования в традиционной китайской церемонии чаепития. Погрузив ее на несколько минут в воду комнатной температуры, «рыбу» вынимают, помещают в чашку и поливают кипятком. Через две-три секунды из незаметного отверстия в носике сосуда начинает бить тонкая струя воды, не прекращающаяся и по окончании полива.



Происхождение такого фонтана многие пытаются объяснить расширением воды, находящейся в «рыбе», при нагреве ее кипятком. Однако если измерить объем рыбы (около 110 мл) и количество фонтанировавшей из нее воды (до 10 г), становится очевидным, что температурное расширение воды при нагреве от комнатной до примерно 100 градусов Цельсия не сможет обеспечить столь значительное увеличение ее объема. Коэффициент объемного расширения воды в этом температурном интервале не превосходит  $10^{-3} \text{ град}^{-1}$ . Более того, внимательное исследование бьющей из носика «рыбы» струи показывает, что вода, покидающая нагреваемую кипятком рыбу, первые несколько секунд остается *холодной*. А свистящие звуки, возникающие после кратковременного погружения нагретой «рыбы» в холодную воду, свиде-



тельствуют о том, что сквозь отверстие в носике движется не только вода, но и воздух, причем вода покидает «рыбу» при нагреве, а воздух попадает в нее при охлаждении. Сильно расширяющийся при нагреве воздух и является ключевым рабочим телом этого любопытного фонтана.

Моделью фонтанирующей «чайной рыбы» стала стеклянная колба, плотно закрытая резиновой пробкой со сквозным отверстием, в которое вставлена стеклянная трубка с тонким капилляром. Колба примерно наполовину заполнена водой, в которую погружен нижний конец трубки. При поливании верхней «воздушной» части колбы кипятком, из трубки начинает бить фонтан *холодной* воды.

Такая прозрачная модель позволяет увидеть как подъем воды по трубке при нагреве, так и заход атмосферного воздуха в колбу при остывании и сжатии воздуха в колбе. Прозрачность стеклянной колбы делает возможной и демонстрацию «обращенного» фонтана, бьющего *внутри* колбы при ее *охлаждении*. Колба при этом переворачивается дном вверх, а трубка погружается во внешний контейнер с водой. Если колбу, а значит и находящийся в ней воздух охладить снегом или ледяной водой, то вода из внешнего контейнера будет подниматься вверх по трубке внутрь колбы, образуя на выходе фонтан, видимый сквозь стеклянные стенки. Его работа обусловлена способностью воздуха сильно сжиматься при охлаждении.

Было оценено количество воды, покидающей колбу за один цикл нагрева, проделан анализ эффективности насоса, откачивающего таким образом воду из колбы. Исследована эффективность заполнения водой перевернутой колбы при ее охлаждении.

К не менее интересным последствиям приводит нагрев кипящей водой, казалось бы, ничем не примечательных пластиковых ПЭТ бутылок. Результат категорически противоречит стереотипной уверенности в том, что «все тела расширяются при повышении температуры». Приведенные на рисунке бутылки для газированных напитков изначально имели одинаковый объем 0,5л. После погружения в кипящую воду бутылка, расположенная справа, сжалась, вдвое уменьшив свой объем. Аналогичные изменения произошли с бутылкой, в которую налили несколько десятков миллилитров растворителя (хлороформа) и герметически закрыли, тем самым заставив хлороформ испаряться сквозь стенки бутылки. В результате она «похудела» настолько, что стала категорически мала для своей этикетки (слева на рисунке). Бутылка, не подвергавшаяся термо или химической обработке, размещена в центре для сравнения.



Технология изготовления пластиковых бутылок проста: толстостенные миниатюрные капсулы нагреваются до размягчения, после чего в них под повышенным давлением нагнетается воздух, «раздувающий» капсулу до требуемых размеров, ограниченных соответствующими разъемными формами. После охлаждения бутылка сохраняет заданный объем и форму. На фото показаны исходная капсула и конечный продукт – двухлитровая бутылка для воды.



Нами были изучены процессы, приводящие к сжатию бутылки при нагреве в кипящей воде и в результате экзотермической реакции. Отметим, что об удивительной способности ПЭТ бутылок сжиматься при нагреве мы узнали из учебного видео-клипа проф. Матса Селена (Иллинойский университет в г.Урбана-Шампэйн) «Джин в бутылке» [1], в котором демонстрируется «химический гейзер», возникающий при погружении пакетика с двуокисью марганца в ПЭТ бутылку, содержащую концентрированный раствор перекиси водорода.

Для заметок

Наукове видання

# **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Тези доповідей

XI регіональної наукової студентської конференції

(20-21 квітня 2011 року)

Відповідальний за випуск проф. А.О. Мамалуй

В авторській редакції

Підп. до друку 29.03 2011 р. Формат 60х84 1/16 Папір офіс-  
ний.

Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 7,4. Наклад 150 прим.  
Зам. №163 Безкоштовно. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ “ХП”.  
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня НТУ “ХП”, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21